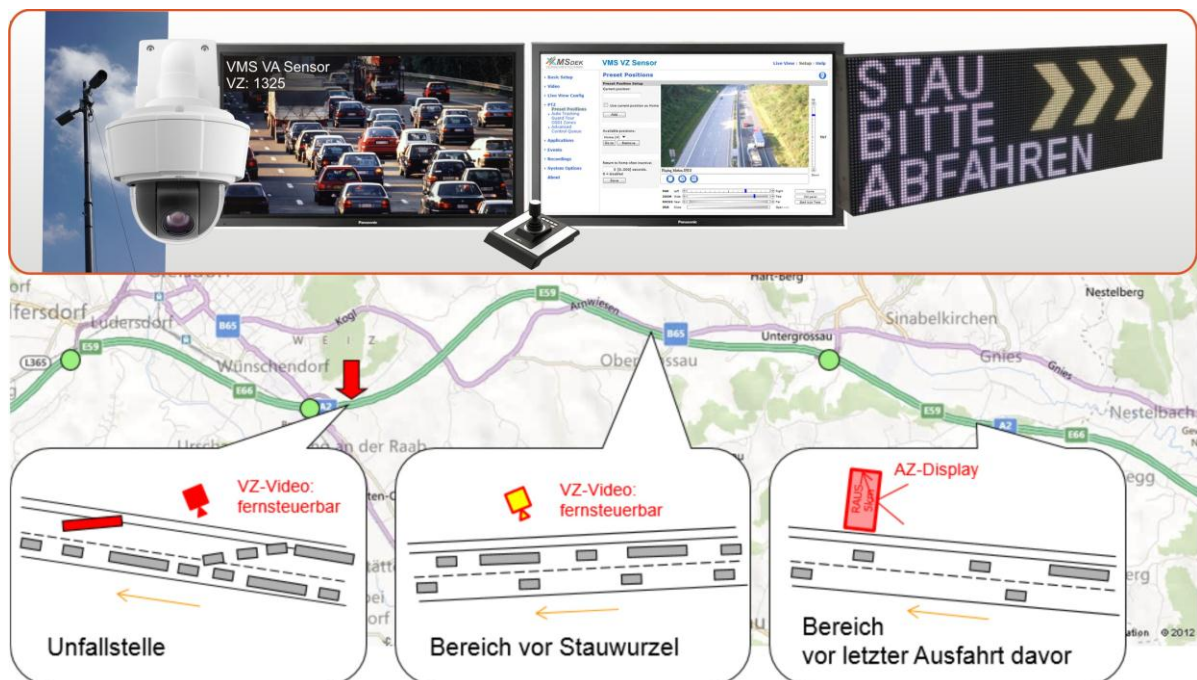


PCB - Machbarkeitsstudie MSdek-VMS

Ein Projekt finanziert im Rahmen der
Pilotinitiative Verkehrsinfrastrukturforschung 2011
(VIF2011)

Oktober 2012



Impressum:

Herausgeber und Programmverantwortung:

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Abteilung Mobilitäts- und Verkehrstechnologien
Renngasse 5
A - 1010 Wien



ÖBB-Infrastruktur AG
Praterstern 3
A - 1020 Wien



Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs
Aktiengesellschaft
Rotenturmstraße 5-9
A - 1010 Wien



Für den Inhalt verantwortlich:

ARGE MSdek Verkehrstechnik
Elisabethnergasse 27a
A – 8020 Graz



Programmmanagement:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH
Bereich Thematische Programme
Sensengasse 1
A – 1090 Wien



Machbarkeitsstudie PCB MSdek - VMS

Ein Projekt finanziert im Rahmen der
Pilotinitiative Verkehrsinfrastrukturforschung
(VIF2011)

AutorInnen:

Dr. Kurt WINTER

Dr. Ulrich BERGMANN

Thomas NUSSMÜLLER

Auftraggeber:

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

ÖBB-Infrastruktur AG

Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft

Auftragnehmer:

Medianova eBusiness GmbH

verkehrplus Prognose, Planung und Strategieberatung GmbH

NorthBridge IT Solutions GmbH

INHALTSVERZEICHNIS

1	EXECUTIVE SUMMARY	10
2	GRUNDLAGEN	12
2.1	Problemstellung und Ausgangssituation	12
2.1.1	Problemstellung	12
2.1.2	Ausgangssituation ASFINAG – Bestand stationäre VMS	13
2.1.3	Wünsche und Ansprüche der ASFINAG an ein mobiles System	15
2.2	Zielsetzungen	15
2.2.1	Ziele der ASFINAG als Unternehmen	15
2.2.2	Einsatzziele für ein mobiles VMS	18
2.2.3	Technische Ziele	23
2.3	Rahmenbedingungen	24
2.3.1	Rechtliche Rahmenbedingungen	24
2.3.2	Technische Rahmenbedingungen	26
2.4	Stand der Technik, Stand der Forschung	27
2.5	Methode und Vorgehensweise	36
3	KONZEPTION REALEINSATZ	38
3.1	Einsatzszenarien	39
3.1.1	Unfall	39
3.1.2	Baustellen	43
3.1.3	Großveranstaltungen	47
3.1.4	strategische Überwachung neuralgischer Streckenabschnitte und Schnittpunkte	51
3.2	technisch-wissenschaftlichen Lösungsansätze - Methoden	55
3.2.1	Informationserfordernis	55
3.2.2	Technischer Lösungsansatz	61
3.3	Technischer Lösungsansatz MSdek-VMS	63
4	KONZEPTION UND SYSTEMAUFBAU DES VMS	65
4.1	Systemaufbau	65
4.1.1	Aktive Komponenten	66
4.1.2	Passive Komponenten	74
4.1.3	Basiskomponenten	80
4.1.4	Zentrale	82
4.2	Systemaufgaben – Gesamtsystem – Wer macht was?	85
4.2.1	Aufgaben am Einsatzort	86
4.2.2	Aufgaben Zentrale	87
5	FUNKTIONSANALYSE UND BEWERTUNG MACHBARKEIT	89
5.1	Anwendbarkeit auf die Einsatzszenarien	89
5.1.1	Unfall mit längerer Dauer - Spontanereignis	89
5.1.2	Baustellen	92
5.1.3	Großveranstaltungen	95
5.1.4	strategische Überwachung neuralgischer Streckenabschnitte und Schnittpunkte	98
5.2	Einsatzbedingungen und Systemgrenzen	101
5.2.1	Wetter, Licht und Umwelteinflüsse	101
5.2.2	Betriebszeiten	108
5.2.3	DFÜ Verbindung	112

5.2.4	Montageerschwerbis / Aufstellort.....	115
5.2.5	Einsatzverfügbarkeit der Geräte	115
5.3	Beschaffung und Kostenabschätzung.....	116
5.4	Bewertung – Machbarkeit.....	118
5.4.1	Bewertungskriterien und Bewertungsmaßstab	118
5.4.2	Bewertung Machbarkeit	120
5.5	Innovationsgehalt der Entwicklung eines mobilen VMS	122
5.6	Entwicklungsrisiko	122
6	ZUSAMMENFASSUNG	124
6.1	Ausgangssituation	124
6.2	Zielsetzungen.....	125
6.3	Systemaufbau	126
6.4	Einsatzszenarien	127
6.5	Wirkungsweise	129
6.6	Systemgrenzen	130
6.7	Machbarkeit.....	132
7	LITERATURVERZEICHNIS	133

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Verkehrsbeeinflussungsanlagen für Umwelt – Stand 2010.....	14
Abb. 2: Geplanter Ausbau von Verkehrsbeeinflussungsanlagen.....	14
Abb. 3: Systemzusammenhänge für den Einsatz von Verkehrsmangementsystemen (VMS).....	17
Abb. 4: Ziele der ASFINAG für ein mobiles VMS	19
Abb. 5: Vorstellungen der ASFINAG zu den Einsatzorten eines mobilen VMS	20
Abb. 6: Einsatzziel „spontanes“ Ereignis – Unfall zwischen zwei Auf- und Abfahrten.....	21
Abb. 7: Einsatzziel „geplantes“ Ereignis – Baustelle mit Engstelle – Anzeige einer temporäre Ausweichroute nach Bedarf	22
Abb. 8: Vorstellungen der ASFINAG zur Funktionalität eines mobilen Verkehrsmanagementsystems	24
Abb. 9: Regelkreis des Betriebs einer VBA	28
Abb. 10: Routinemäßiger Ablauf in einem mobilen Verkehrsmanagementsystem	39
Abb. 11: Einsatzszenario 1: Unfall – Verkehrszustand im Ereignisfall.....	40
Abb. 12: Einsatzszenario 2: Baustelle – Verkehrszustand im Ereignisfall	44
Abb. 13: Einsatzszenario 3: Großveranstaltung – Verkehrszustand im Ereignisfall	48
Abb. 14: Einsatzszenario 4: Neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Verkehrszustand im Ereignisfall	52
Abb. 15: Fundamentaldiagramm	60
Abb. 16: AXIS Q6035-E PTZ Dome Kamera.....	67
Abb. 17: AXIS Q6035-E PTZ Dome Kamera montiert auf AXIS T98A-VE Outdoor Box.....	68
Abb. 18: LEC-2026 Industrie PC	68
Abb. 19: Umsetzung Hintergrundidentifizierung MRBM (Most Reliable Background Mode)	69
Abb. 20: Differenzbild „Rohformat“	70
Abb. 21: Umwandlung des Differenzbildes in S/W und nach Bereinigung von Störungen.....	70
Abb. 22: Umsetzung Object tracking	71
Abb. 23: Bildvergleich Ausgangsbild – Hintergrund – Ergebnis.....	71
Abb. 24: LED Color Display (Foto: WIPAMedia)	74
Abb. 25: Testaufbau MSdek-plus im Einsatz zur Verkehrsdatenerhebung	75
Abb. 26: Montageelemente AXIS T91A, Eckbefestigung, Masthalter, Montagearm für AXIS Q60 Serie.....	76
Abb. 27: Systemschema Stromversorgung (dargestellt mit 2 Akkuboxen)	78
Abb. 28: Blei-Gel Akku-Box inkl. Laderegulierung für MSdek plus Testaufbau	79
Abb. 29: Internet Modem TAINY HMOD-V3-IO	80
Abb. 30: AXIS T8311 Joystick.....	85
Abb. 31: Einsatzszenario 1: Unfall – Einsatz eines mobilen Verkehrsmanagementsystems	90
Abb. 32: Einsatzszenario 2: Baustelle – Einsatz eines mobilen VMS.....	93
Abb. 33: Einsatzszenario 3: Großveranstaltung – Verkehrszustand im Ereignisfall mit mobilen VMS	96

Abb. 34: Einsatzszenario 4: Neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Verkehrszustand im Ereignisfall mit mobilen VMS	99
Abb. 35: Grenzsituation Wetter: Projekt Liezen in Verbindung mit Sensorkette .	103
Abb. 36: Video: Dämmerungsaufnahme mit Standardeinstellungen	104
Abb. 37: Video: Dämmerungsaufnahmen mit geschlossener Blende.....	105
Abb. 38: Video: Regenaufnahme aus Position A.....	105
Abb. 39: Video: Regenaufnahme aus Position B.....	106
Abb. 40: Video: Nebel und schlechte Sicht	106
Abb. 41: Video: Aufnahme bei verschmutzten Scheiben.....	107
Abb. 42: Video: extrem verschmutzte Scheibe.....	108
Abb. 43: Testbild bei einer Auflösung von 320x180 Pixeln / H264	113
Abb. 44: Testbild bei einer Auflösung von 800x450 Pixeln / H264	114
Abb. 45: Testbild bei einer Auflösung von 1920x1080 Pixeln (Full HD) / H264 ..	114
Abb. 46: Einsatzszenario 1: Spontanereignis – Unfall.....	128
Abb. 47: Einsatzszenario 2: Geplantes Ereignis – Baustelle.....	129

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Grundlagen für den Einsatz.....	25
Tab. 2: ASFINAG – Planungshandbücher.....	27
Tab. 3: Vergleich einiger derzeitiger am Markt befindlicher Produkte	29
Tab. 4: Vergleich der MSdek Verkehrstechnik Produkte bzw. Entwicklungen.....	29
Tab. 5: Einsatzszenario 1: Unfall – Beteiligte im Ereignisfall.....	41
Tab. 6: Einsatzszenario 1: Unfall – Ablauf im Ereignisfall	42
Tab. 7: Einsatzszenario 1: Unfall – Strategien, Maßnahmen und Wirkung des Verkehrsmanagements	43
Tab. 8: Einsatzszenario 2: Baustelle – Beteiligte im Ereignisfall	45
Tab. 9: Einsatzszenario 2: Baustelle – Ablauf im Ereignisfall.....	45
Tab. 10: Einsatzszenario 2: Baustelle – Strategien, Maßnahmen und Wirkung des Verkehrsmanagements	46
Tab. 11: : Einsatzszenario 3: Großveranstaltung – Beteiligte im Ereignisfall	49
Tab. 12: : Einsatzszenario 3: Großveranstaltung – Ablauf im Ereignisfall – nur Anreise	50
Tab. 13: : Einsatzszenario 3: Großveranstaltung – Strategien, Maßnahmen und Wirkung des Verkehrsmanagements	51
Tab. 14: Einsatzszenario 4: Neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Beteiligte im Ereignisfall	53
Tab. 15: Einsatzszenario 4: Neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Ablauf im Ereignisfall.....	54
Tab. 16: Einsatzszenario 4: Neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Strategien, Maßnahmen und Wirkung des Verkehrsmanagements	55
Tab. 17: Informationen und Informationsquellen je Einsatzszenario	56
Tab. 18: Messgrößen und ihre Bedeutung	58
Tab. 19: Anzeigegrößen und ihre Bedeutung.....	58
Tab. 20: Sensoren – Vor- und Nachteile als Informationsquelle von Anzeige- und Messgrößen	63
Tab. 21: Einsatzszenario 1: Unfall – Einsatz Aktiver Komponenten.....	89
Tab. 22: Einsatzszenario 1: Unfall – Funktionalität in der Zentrale.....	89
Tab. 23: Einsatzszenario 1: Unfall – Ablauf im Ereignisfall mit MSdek VMS.....	91
Tab. 24: Einsatzszenario 2: Baustelle – Einsatz Aktiver Komponenten.....	92
Tab. 25: Einsatzszenario 2: Baustelle – Funktionalität in der Zentrale	92
Tab. 26: Einsatzszenario 2: Baustelle – Ablauf im Ereignisfall mit mobilen VMS .	94
Tab. 27: Einsatzszenario 3: Großveranstaltungen – Einsatz Aktiver Komponenten	95
Tab. 28: Einsatzszenario 3: Großveranstaltungen – Funktionalität in der Zentrale	95
Tab. 29: Einsatzszenario 3: Großveranstaltung – Ablauf im Ereignisfall mit mobilen VMS – nur Anreise	97
Tab. 30: Einsatzszenario 4: neuralgischer Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Einsatz Aktiver Komponenten	98
Tab. 31: Einsatzszenario 4: neuralgischer Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Funktionalität in der Zentrale.....	99
Tab. 32: Einsatzszenario 4: Neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Ablauf im Ereignisfall mit mobilen VMS.....	100

Tab. 33: Bandbreitenbedarf in Abhängigkeit von Bildformat und Bildwiederholung	113
Tab. 34: Videos unterschiedlicher Bildwiederholfrquenzen (frames per second)	114
Tab. 35: Kostenabschätzung für zukünftige Beschaffung	117
Tab. 36: Bewertungskriterien Machbarkeit mit Bewertung des mobilen MSdek VMS	121
Tab. 38: Entwicklungsrisiken und Lösungsansätze	123

1 EXECUTIVE SUMMARY

Im hochrangigen, hochbelasteten Straßennetz sind auch in Österreich stationäre **Verkehrsbeeinflussungsanlagen** (VBA) zur Streckenbeeinflussung (etwa zur Geschwindigkeitsharmonisierung, Gefahrenwarnung), aber auch zur Netzbeeinflussung (etwa Alternativroutenempfehlung) sehr erfolgreich im Einsatz. Erreicht werden damit eine Optimierung des Verkehrsflusses, eine Verbesserung der Verkehrssicherheit, eine Erhöhung der Streckenverfügbarkeit und eine Verbesserung der Verkehrsinformation.

Eines der vorrangigen Ziele der ASFINAG ist die noch weitere Erhöhung der **Kundenzufriedenheit**. Zu diesem Zweck soll das erfolgreiche Konzept der VBA auch für mobile Einheiten entwickelt werden. Dies erfolgt im Rahmen eines neuen, innovativen Weges, des sogenannten **pre-commercial-procurement Verfahrens (PCP)** in einer zweistufigen Durchführung. In der ersten Stufe wurde im Rahmen der hier vorliegenden **Machbarkeitsstudie** ein Konzept für die Funktionalität und den Technologieeinsatz umgesetzt. In der zweiten Stufe soll ein Prototyp entwickelt und getestet werden.

Für ein mobiles Verkehrsmanagementsystem bei Spontanereignissen (etwa Unfällen), für Baustellen und Großereignisse werden folgende **technische Ziele und Systemeigenschaften** formuliert:

- Einfaches, bedienungsfreundliches System,
- autarke Energieversorgung und Datenübertragung,
- Systemrobustheit, einfache Transportabilität und Handhabung vor Ort,
- Zuverlässige Detektion des Verkehrsflusses bzw. des Verkehrszustands,
- Ableitbarkeit von Verkehrsmanagementempfehlungen, aber keine automatisierten Entscheidungsprozesse im Verkehrsmanagement und
- zeitgerechte Bereitstellung von Information an der Strecke (etwa über mögliche Ausweichrouten), die für Kunden verständlich ist.

Konzeptioniert und auf Machbarkeit geprüft wurde ein Systemaufbau bestehend aus **aktiven Komponenten** (Verkehrszustandssensor als Schwenk/Neige/Zoom Kamera, Verkehrsaufkommenssensor auf Basis Video und unterschiedliche Anzeigeelemente), **passiven Komponenten** (Stromversorgungseinheiten, Datenfernübertragungseinheiten und verschiedene Befestigungsgestänge), **Basiskomponenten** (Grundbefestigungs-

module für unterschiedliche Aufbauvarianten) sowie der **Zentrale** (Systemsteuerung, Ereignisbeobachtung und Verkehrsbeeinflussung, Systemadministration).

Weiters wurden **typische Einsatzszenarien** (Unfall, Baustelle, Großveranstaltung, neuralgische Streckenabschnitte) entwickelt und die Anwendbarkeit und Funktionsweise des Systems in diesen Szenarien gezeigt. Je nach Szenario werden die modular verwendbaren Systemkomponenten je nach Bedarf in unterschiedlicher Kombination eingesetzt. Diese Kombination ergibt sich aus den reaktiven („Stauaufbau verlangsamen“ und „Staubau beschleunigen“) und präventiven Strategien („Staubildung unterbinden“) und den möglichen Handlungsspielräumen der Einsatzzentrale (Sperrungen, Umleitungen, Warnungen, Informationen).

Darüber hinaus wurden Systemkomponenten hinsichtlich der **Grenzen** ihrer **Einsatzfähigkeit** in Bezug auf Wetterbedingungen, Stromversorgung und Kontrollierbarkeit (DFÜ) untersucht und getestet.

Es zeigt sich, dass mit dem Verkehrsmanagementsystem MSdek-VMS **alle gestellten Anforderungen sehr gut bis gut erfüllt** werden können, wobei die Machbarkeit in folgenden Bereichen, die aus den Anforderungen der ASFINAG abgeleitet wurden, beurteilt wurde:

- Einsatzfähigkeit für die betrachteten Einsatzszenarien
- Unterstützung des Disponenten in der Zentrale der ASFINAG
- Robustheit und Zuverlässigkeit des Systems im Normalbetrieb
- Integrierbarkeit des Systems in die Arbeitsabläufe der ASFINAG
- Effizienz und Effektivität im Handling

Als besondere **Systemvorteile** haben sich herausgestellt:

- Modularer Aufbau der Teilkomponenten
- Hohe Einsatzflexibilität
- Geringer Personalbedarf in der Handhabung
- Einfache Verständlichkeit und Bedienbarkeit

Abschließend kann festgehalten werden, dass das System Msdek-VMS den gestellten Anforderungen der ASFINAG **vollumfänglich entspricht** und die **Machbarkeit gegeben** ist

2 GRUNDLAGEN

2.1 Problemstellung und Ausgangssituation

2.1.1 Problemstellung

Aufgrund eines allgemein wachsenden Verkehrsaufkommens im Bereich des motorisierten Individualverkehrs (MIV) erhöht sich die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Verkehrsstörungen. Gerade auf Autobahnen und Schnellstraßen bewirken Verkehrsstörungen eine deutliche Herabsetzung der Leistungsfähigkeit. Daneben haben Verkehrsstörungen negative Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit, da sie durch einen deutlichen Abfall des Geschwindigkeitsniveaus gekennzeichnet sind. Der steigenden Verkehrsnachfrage kann vor allem aus ökonomischen und ökologischen Gründen nicht in entsprechendem Maße mit einer Erhöhung der Verkehrswegekapaazität durch bauliche Maßnahmen begegnet werden.

Für die zeitlich beschränkten Fälle einer Baustelle oder eines Großereignisses soll ein System entwickelt werden, das entlang solcher Abschnitte schnell installiert werden kann und in weiterer Folge eigenständig und unbeaufsichtigt den Verkehrsfluss bzw. die Durchfahrtszeiten überwacht, Verkehrsdaten und (Video-)Bilder an den Infrastrukturbetreiber (z.B. ASFINAG) sowie Dritte (z.B. Exekutive) übermittelt und Stauereignisse zuverlässig meldet.

Es soll ein transportables System ähnlich einer stationären VBA entwickelt werden, das im Straßennetz (A+S, aber auch L+B) eigenständig und unbeaufsichtigt den Verkehrsfluss bzw. die Durchfahrtszeiten überwacht, Verkehrsdaten und (Video-)Bilder an den Infrastrukturbetreiber (z.B. ASFINAG) sowie Dritte (z.B. Exekutive) übermittelt und Stauereignisse zuverlässig meldet.

Inhalt der Machbarkeitsstudie

Aufgabenstellung für die Machbarkeitsstudie ist demnach die

- Einsatz- und Funktionsdefinition des mobilen VM-Systems,
- Technische (z.B. Verkehrssicherheit) und rechtliche (z.B. Datenschutz) Rahmenbedingungen,
- technische Konzeption der Teilsysteme und des Zusammenwirkens der Teilsysteme,
- Definition des technischen Anforderungsprofils an die Teilsysteme und deren Komponenten und Schnittstellen,

- Recherche der am Markt verfügbaren Systemkomponenten und Überprüfung der technischen Leistungsfähigkeit von Systemkomponenten und
- Skizzierung und Konzeption der Anwendung eines Verkehrsmanagementsystems (Zusammenstellung der Teilsysteme) für den Realeinsatz bei
 - Baustellen und
 - definierten Großereignissen

2.1.2 Ausgangssituation ASFINAG – Bestand stationäre VMS

Im hochrangigen hochbelasteten Straßennetzen sind stationäre Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) zur Streckenbeeinflussung (z.B. zur Geschwindigkeitsharmonisierung, Gefahrenwarnung etc.) aber auch zur Netzbeeinflussung (z.B. Alternativroutenempfehlung) im Einsatz. Verkehrszustände und Umfeldbedingungen werden detektiert und in komplexen Analyse- und Entscheidungsalgorithmen zu Informationen verarbeitet, die i.d.R. dem Straßenbenutzer mittels Überkopfdisplays angezeigt werden. Die VBA hat als Ziel einen Beitrag zur

- Leistungssteigerung der Infrastruktur als Alternative zur baulichen Vergrößerung,
- Reduktion der Staustunden und damit der Umweltbelastungen,
- Harmonisierung des Verkehrsflusses,
- flächendeckenden Verkehrsdatenerfassung,
- Steigerung der Verkehrssicherheit und
- Geschwindigkeitsregelung (i.d.R. Beschränkung)

zu leisten. (Quelle: ASFINAG).

Stationäre Verkehrsbeeinflussungsanlagen sind auch in Österreich im hochrangigen Straßennetz seit geraumer Zeit in Betrieb bzw. werden gerade errichtet. Zum Einsatz kommen Streckenbeeinflussungsanlagen für die Steuerung des Verkehrsflusses (Hauptziele: Leistungsfähigkeit und Verkehrssicherheit), Streckenbeeinflussungsanlagen zur Reduktion von Schadstoffausstoß und Lärmbelastung (Hauptziel Umwelt) und Netzbeeinflussungsanlagen zur eventuellen Alternativroutenempfehlung (Hauptziel: Leistungsfähigkeit des Netzes).

- Oberösterreich
- Kärnten
- Salzburg
- Steiermark
- Tirol West

Gesamt ca. 320 Richtungskilometer

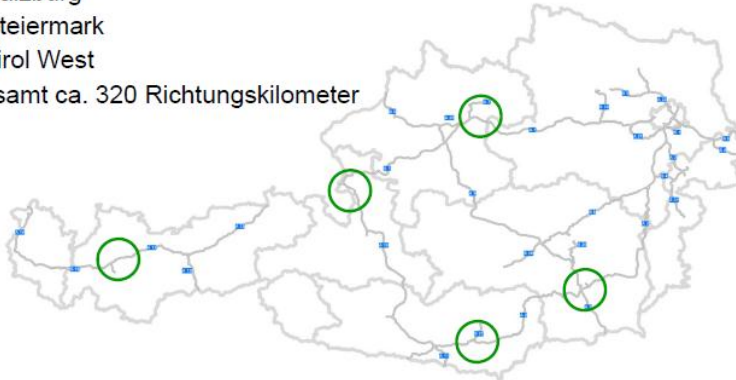


Abb. 1: Verkehrsbeeinflussungsanlagen für Umwelt – Stand 2010

Quelle: ASFINAG (Hrsg.): Verkehrsmanagement, 2010. S. 14

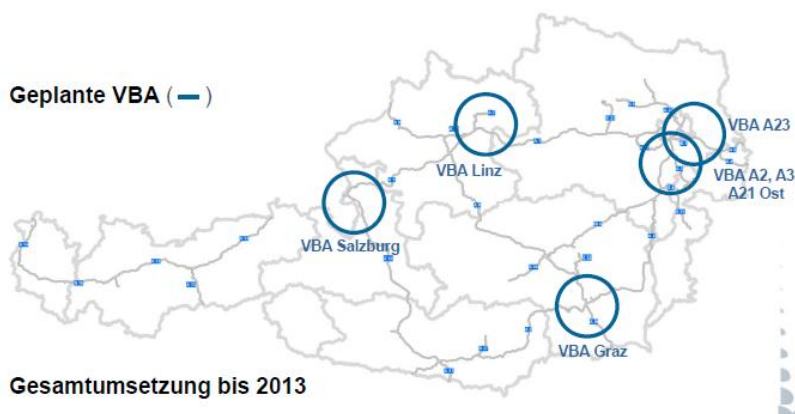


Abb. 2: Geplanter Ausbau von Verkehrsbeeinflussungsanlagen

Quelle: ASFINAG (Hrsg.): Verkehrsmanagement, 2010. S. 19

Diese zeigen gute Wirkung auf

- Geschwindigkeitsharmonisierung im instabilen Verkehrsfluss
- Geschwindigkeitsanpassung entsprechend Umweltbedingungen wie
 - Warnung vor Gefahren (Stau, Geisterfahrer etc.),
 - Dynamische LKW-Überholverbote,
 - Überschreitung Schadstoffbelastung oder Lärm.

Auch außerhalb der bereits mit Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) überwachten Streckenabschnitten am Autobahnen- und Schnellstraßen-Netz (A+S) sowie am Bundesstraßen- und Landstraßen-Netz (B+L) treten Verkehrssituationen auf, die vorübergehend eine intensivere, kleinräumige Überwachung des Verkehrsflusses erfordern, so zum Beispiel bei Baustellen und Großereignissen. Mit komplexen Auswerte-

und Entscheidungs-algorithmen können kritische Zustände erkannt und entsprechende Information an die Verkehrsteilnehmer (automatisch) weitergeleitet werden. Erst durch diese zeitnahe Information sind akkordierte Verkehrsmanagementmaßnahmen inklusive einer Informations-übermittlung an die Verkehrsteilnehmer möglich.

2.1.3 Wünsche und Ansprüche der ASFINAG an ein mobiles System

Als Ergebnis der Vorstellungen und Zielsetzungen der ASFINAG (genauere Ausführungen siehe „Zielsetzungen der ASFINAG“) kann festgehalten werden, dass die Anforderungen an das zu entwickelnde mobile VMS sich auf folgende Kernpunkte bezieht:

- Möglichst einfaches und praktikables System
- Zuverlässige Detektion
- Ableitbarkeit von Verkehrsmanagementempfehlungen und
- zeitgerechte Bereitstellung von Information an der Strecke (auch über mögliche Ausweichrouten), die für Kunden verständliches System

In der Ausschreibung zum PCP-Verfahren sind folgende spezifizierten Zielaufgaben für das VMS - System angeführt:

- Überwachung, Beobachtung und Analyse des Verkehrsflusses
- Messung/Berechnung von Durchfahrtszeiten
- Übermittlung der Verkehrsdaten und Videobilder an ASFINAG und Dritte
- Verarbeitung und Darstellung der Inputdaten als Grundlage für die Auswahl der Maßnahmen (in einer abgesetzten Bedienstation)
- Ansteuerung dislozierter Anzeigegeräte

2.2 Zielsetzungen

2.2.1 Ziele der ASFINAG als Unternehmen

ASFINAG Mission¹

Die ASFINAG ist ein kundenfinanzierter und wirtschaftlich agierender Betreiber und Errichter von Autobahnen und Schnellstraßen. Wir bieten unseren Kunden ein bedarfsgerechtes, verkehrssicher ausgebautes und gut serviciertes Netz mit hoher Verfügbarkeit. Wir arbeiten im Einklang mit unserer wirtschaftlichen, ökologischen und gesellschaftlichen Verantwortung und stärken auch den Wirtschaftsstandort Österreich.

¹ ASFINAG (Hrsg.): Geschäftsbericht 2011, 2011. S. 16

ASFINAG Vision 2015

Die ASFINAG zählt im europäischen Vergleich zu den führenden Autobahnbetreibern insbesondere hinsichtlich Verfügbarkeit, Information und Sicherheit und vernetzt sich mit dem öffentlichen Verkehr.

Strategie 2 der ASFINAG:²

STRATEGIE 2

„Erhöhung der Kundenzufriedenheit durch das Zur-Verfügung-Stellen eines bedarfsgerechten und verkehrssicheren, verkehrsträgerübergreifenden Netzes, effizientes Managen von Störungen am Netz und intensive Information der Autofahrer“: Diese Strategie legt den Fokus auf Verkehrssicherheit, Reduktion der Verkehrsbehinderungen und der Vernetzung mit dem öffentlichen Verkehr sowie die Kundenzufriedenheit und hat daher vor allem Auswirkungen auf die Gesellschaft. Die Zielerreichung für das Jahr 2011 ist gegeben, besonders erfreulich war der hohe Umsetzungsgrad der Maßnahmen aus dem Verkehrssicherheitsprogramm der ASFINAG und der damit verbundene Rückgang der Unfallzahlen. Aus Sicht der Nachhaltigkeit wurde diese Strategie um das Bekenntnis der ASFINAG zu Forschung und Entwicklung mit dem Ziel, „abgeschlossene Projekte in die operative Tätigkeit bzw. in Regelwerke überzuführen“ erweitert. Damit soll sichergestellt werden, dass die ASFINAG in der Zukunft ihre Ressourcen optimal einsetzt und Innovationen umsetzt. Die Stärkung von F&E im Unternehmen und der Ausbau der nationalen und internationalen Zusammenarbeit sind die Ziele für die Jahre 2012 und 2013.

Ziele Allgemein

Betreiber einer hochrangigen Verkehrsinfrastruktur, wie die ASFINAG sind angehalten marktwirtschaftlich zu agieren, da ein wesentlicher Teil ihrer Einnahmen über Nutzerentgelte seine Kunden, der Nutzer der Straßeninfrastruktur eingespielt werden. Eines der wesentlichen Ziele ist daher die Erhöhung der Kundenzufriedenheit.

² ASFINAG (Hrsg.): Geschäftsbericht 2011, 2011. S. 16. S. 18

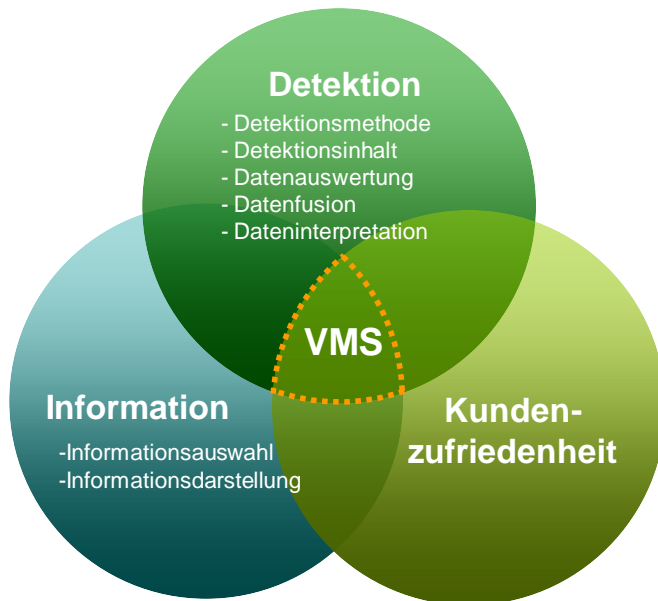


Abb. 3: Systemzusammenhänge für den Einsatz von Verkehrsmanagementsystemen (VMS)
 Quelle: eigene Darstellung

Dies soll im Wesentlichen durch Verbesserung des Angebots und die Verbesserung der Information über Zustand etc. erreicht werden. Daraus abgeleitete technische Ziele sind daher die

- Optimierung des Verkehrsflusses, die
- Optimierung der Verkehrssicherheit, die
- Erhöhung der Streckenverfügbarkeit und die
- Verbesserung der Verkehrsinformation.

Die Vorteile von Verkehrsmanagementsystemen sollen auch für Baustellen nutzbar sein, und sollen auch zur Verbesserung der Verkehrsabwicklung bei Großveranstaltungen durch Erfassung des Verkehrszustandes als Entscheidungsgründe für Verkehrsmanagementmaßnahmen und der entsprechenden Informationsweitergabe an die KFZ-Lenker genutzt werden können

Für ein Verkehrsmanagementsystem für Baustellen und Großereignisse sind folgende technische Vorhabensziele formulierbar:

- Zuverlässige Detektion
 - des Verkehrsflusses insbesondere von Staus und
 - von Durchfahrtszeiten sowie
- Ableitbarkeit von Verkehrsmanagementempfehlungen und

- zeitgerechte Bereitstellung von Information an der Strecke (auch über mögliche Ausweichrouten)

Folgende Punkte stellen kein Ziel des Vorhabens dar:

- Detektierbarkeit von Sonderereignisse (Rauch, Feuer, Geisterfahrer),
- Ermittlung von Verkehrsströme (O/D Matrizen) und
- Verwendung als Verkehrsüberwachung im Sinne von Bestrafung.

Gesamtergebnis des Vorhabens ist ein mobiles Verkehrsmanagementsystem, das aus folgenden Teilsystemen bestehen kann:

- Detektionseinheiten (z.B. Video oder Radar) zur Erfassung von Verkehrskenngrößen (Verkehrsmenge, Verkehrsdichte, lokale Geschwindigkeit).
- Verkehrsmanagement Station (VM Station)
 - Analyse und Aufbereitung von Verkehrsdaten,
 - Ableiten von Regelungsmaßnahmen bzw. Aktivierung der koordinierten Strategien
- Bedienstation (als Bestandteil der VM-Station oder davon abgesetzt)
- Anzeigetools (Signale, Verkehrszeichen) zur Umsetzung der geschalteten Strategie in visuelle Symbole für die Kraftfahrer.
- Datenübertragungseinrichtungen zur Kommunikation zwischen den Feldgeräten und den Zentralen.

Die Bearbeitung des Projektes zur Erfüllung der Projektziele erfolgt in den zwei Bearbeitungsstufen Machbarkeitsstudie und Prototypenentwicklung.

2.2.2 Einsatzziele für ein mobiles VMS

Die ASFINAG formuliert neben ihren technischen Zielen zur Optimierung des Verkehrsflusses, der Optimierung der Verkehrssicherheit und der Erhöhung der Streckenverfügbarkeit die Notwendigkeit zur Verbesserung der Verkehrsinformation ab.

ZIEL

Entwicklung eines mobilen Verkehrsmanagementsystems, welches an strategischen Punkten zur Verkehrssteuerung und Optimierung des Verkehrsflusses für unsere Kunden gezielt eingesetzt werden kann.

Ziel	Nicht-Ziel
<ul style="list-style-type: none"> - einfaches System - zuverlässiges System - bedienungsfreundliches System - für unsere Kunden verständliches System 	<ul style="list-style-type: none"> - eine „Eierlegende Wollmilchsau“ - ein Analyse- u. Simulationstool - ein technisch überentwickeltes System

Verlässlichkeit auf allen Wegen 2

Abb. 4: Ziele der ASFINAG für ein mobiles VMS

Quelle: Kick Off Meeting, Präsentation Hufnagl (ASFINAG), 2012.

Im derzeitigen Managementsystem (Verkehrsdaten -> Verkehrslenkung -> Info Verkehrsteilnehmer) fehlt noch das mobile Anzeigesystem: Die ASFINAG benötigt für ein effizientes Ereignismanagement neue Einsatztechnologie, einerseits zur Lieferung grundlegender Daten und Videobilder für den Disponenten in der Einsatzzentrale Wien Inzersdorf, andererseits zur lokalen Information an die Autofahrer über mobile Anzeigesysteme.

Ereignisse, die so ein System erforderlich machen, sind ab einer mittleren Sperrzeit von 1,5h einzusetzen. Einsatzgebiet ist außerhalb der bestehenden VBA (450Km Strecke) auf den Autobahnen und Schnellstraßen.

Einsatzorte

- **Großveranstaltungen** (z.B. Airpower, Nova Rock Festival, Skiweltcup am Semmering)
- **Neuralgische Streckenabschnitte** auf dem A+S Netz außerhalb der VBA-Gebiete (als temporäre Maßnahme)
- **Neuralgische Schnittpunkte** A+S-Netz mit B+L-Netz
- **Besondere Baustellen** (wegen ihrer besonderen Beschaffenheit hinsichtlich Querschnitt, Verkehrsführung, Verkehrsbelastung oder baul. Ausführung)
- **Besondere Ereignisse** (z.B. Schönberg, Tunnelsperre)

Abb. 5: Vorstellungen der ASFINAG zu den Einsatzorten eines mobilen VMS

Quelle: Kick Off Meeting, Präsentation Hufnagl (ASFINAG), 2012.

Folgende Einsatzmöglichkeiten sollen erfüllt werden:

- Einsatz bei spontanen Ereignissen
 - Unfallereignisse

Einsatzziel – spontanes Ereignis – Unfall zwischen zwei Auf- und Abfahrten

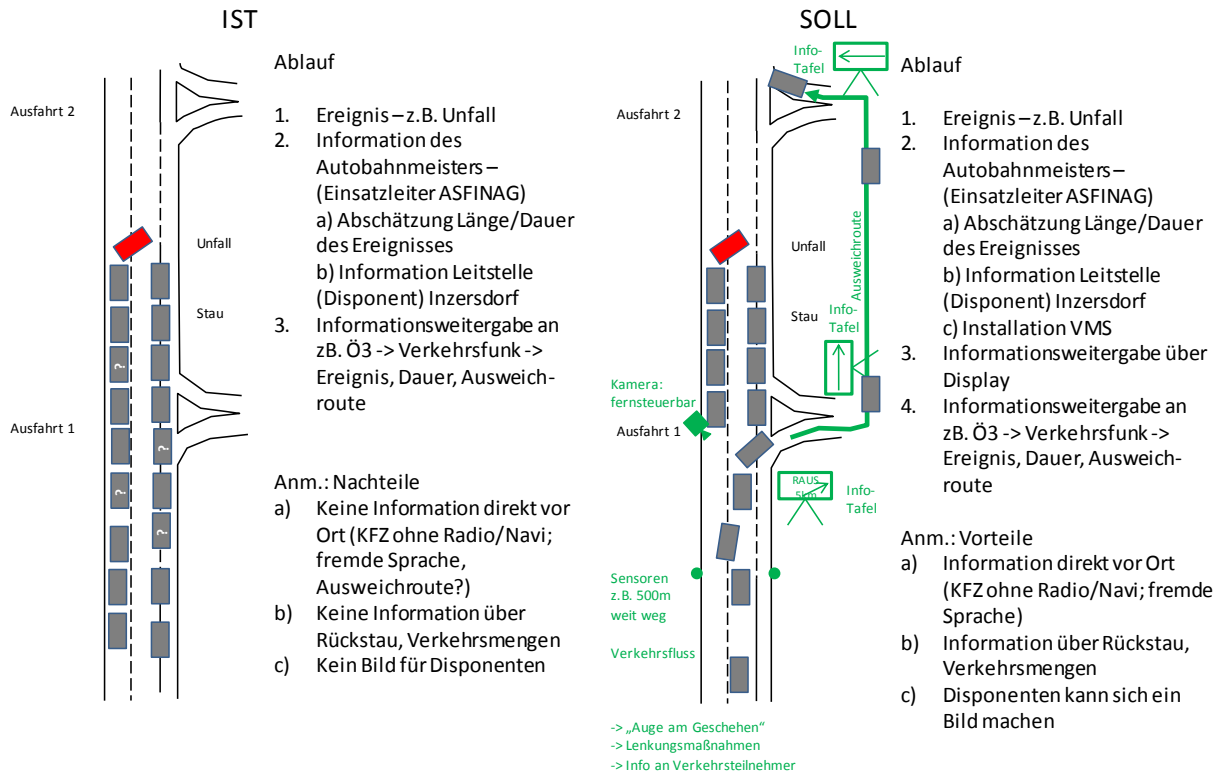


Abb. 6: Einsatzziel „spontanes“ Ereignis – Unfall zwischen zwei Auf- und Abfahrten

Quelle: Besprechung mit Mag. Hufnagl am 30.05.2012

- Einsatz als mobile Streckenbeeinflussungsanlage z.B. an
 - Baustellen (wegen ihrer besonderen Beschaffenheit hinsichtlich Querschnitt, Verkehrsführung und Verkehrsbelastung)

Einsatzziel – geplantes Ereignis – Baustelle mit Engstelle zwischen zwei Auf- und Abfahrten

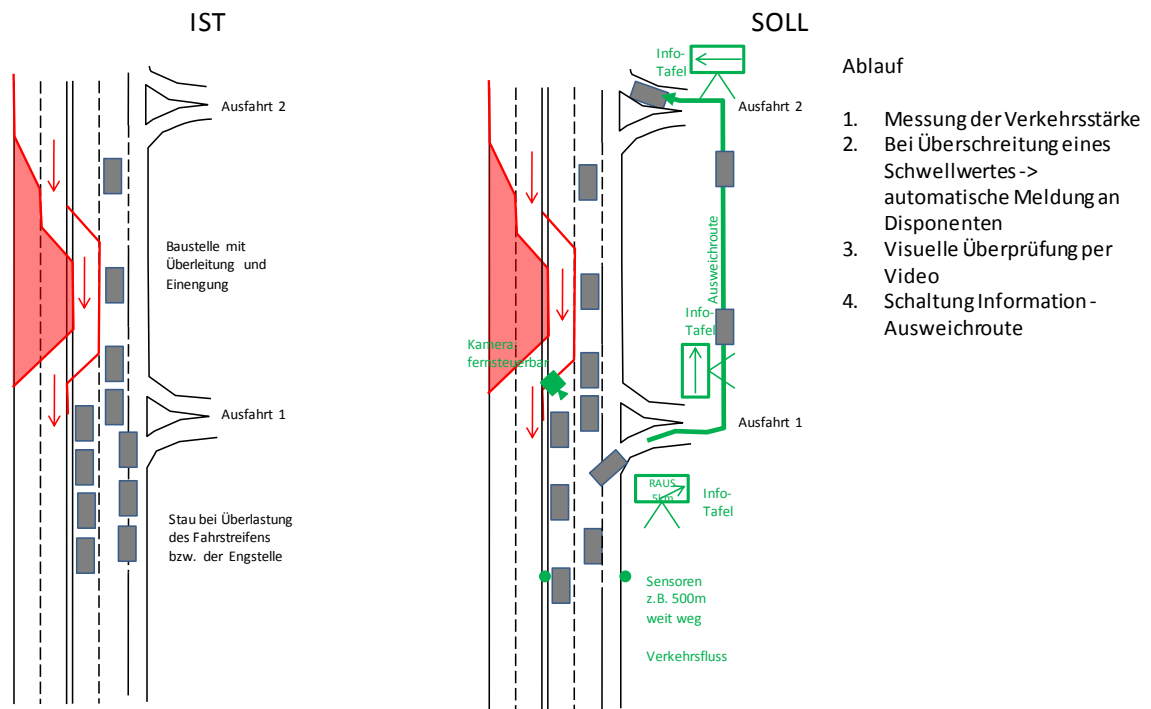


Abb. 7: Einsatzziel „geplantes“ Ereignis – Baustelle mit Engstelle – Anzeige einer temporäre Ausweichroute nach Bedarf

Quelle: Besprechung mit Mag. Hufnagl am 30.05.2012

- Neuralgische Streckenabschnitte auf Autobahnen und Schnellstraßen außerhalb der VBA-Gebiete (als temporäre Maßnahme)
- Neuralgischen Schnittpunkten von Autobahnen und Schnellstraßen mit Bundes- und Landesstraßen
- Einsatz als mobile Netzbeeinflussungsanlage z.B. bei
 - Großveranstaltungen unter Einbeziehung des B+L-Netzes (z.B. Airpower, Nova Rock Festival, Skiweltcup am Semmering)

Folgende Einsatzorte sollen möglich sein:

- Autobahn- und Schnellstraßennetz
- Bundes- und Landesstraßennetz

2.2.3 Technische Ziele

Folgende Eigenschaften soll das System aufweisen:

- eigenständiges, insulares System (Energieversorgung und Datenübertragung)
 - autarke Stromversorgung und
 - Möglichkeit zum Anschluss an vorhandene Stromversorgung (230V/400V)
- Schnittstellen Daten
 - zur ASFINAG Verkehrssteuerung und dem ASFINAG Videosystem in Wien Inzersdorf sowie)
 - ausspezifizierte Datenschnittstelle (im Idealfall gemäß bereits verfügbarer Norm, z.B. KRI/TLS)
 - Möglichkeit zum Anschluss an vorhandene Datenleitung
- transportables, mobiles System (z.B. Anhänger oder Pkw-ähnliches KFZ³),
- geringer Personaleinsatz - nur möglichst einer Person auf- und abbaubar⁴
- rasch zu installieren (in einem zu nennenden Radius betriebsbereit in 2 Stunden)
- gegen Diebstahl und Vandalismus geschützt
- Anzeigemöglichkeiten für Verkehrsinformationen
 - frei programmierbare Textinformationen, Verkehrszeichen, Umleitungsrouten an der Strecke
 - z.B. per LED-Matrix, beim Einfahren in den betroffenen Abschnitt)
- grundsätzlich getrenntes Systems (Software, Hardware) vom vorhandenen System in der Zentrale Inzersdorf⁵

³ Besprechung mit Herrn Schwab am 30.08.2012

⁴ ebda

⁵ Besprechung mit Mag. Hufnagl am 30.05.2012



Funktionalität

Das System hat die Aufgabe aus den Verkehrsdaten für den User zuverlässige Verkehrsmanagementempfehlungen abzuleiten, über die der Verkehrsteilnehmer rechtzeitig auf der Strecke informiert werden kann.

Eigenschaften

- mobil
- rasch installierbar
- insular bedienbar
- energieautark
- Informativ

Aktionen

- Erfassung der Verkehrslage Verkehrs- u. Umfelddaten/Videobilder
- Übermittlung der Verkehrslage an eine Schnittstelle
- Setzen von Steuerungsmaßnahmen
- Anzeige und der Verkehrsinfo

Verlässlichkeit auf allen Wegen
3

Abb. 8: Vorstellungen der ASFINAG zur Funktionalität eines mobilen Verkehrsmanagementsystems

Quelle: Kick Off Meeting, Präsentation Hufnagl (ASFINAG), 2012.

2.3 Rahmenbedingungen

2.3.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Rechtliche Rahmenbedingungen die einen Einsatz eines mobilen Verkehrsmanagementsystems berühren, finden sich in der Straßenverkehrsordnung [StVO 1960].

Republik Österreich: Straßenverkehrsordnung 1960 i.d.g.F (StVO):

Grundlagen für den Einsatz

Nr	Gesetz / Abschnitt Paragraph	Thematik	Relevanz
1	StVO 1960 i.d.g.F., §43	Fahrverbote, Verkehrslerleichterungen und Hinweise	Umleitungen und Alternativrouten
2	StVO 1960 i.d.g.F., §44	Anzeige und Wirkung von Verkehrszeichen	Anzeige von Information

3	StVO 1960 i.d.g.F., §44a	Vorbereitende Verkehrsmaßnahmen, Bodenmarkierungen	Anzeige von Information
4	StVO 1960 i.d.g.F., §44b	Unaufschiebbare Verkehrsbeschränkungen, unvorhersehbare Ereignisse	Erlaubnis der Verkehrsregelung durch Straßenaufsicht /Straßenmeisterei bei Verzug
5	StVO 1960 i.d.g.F., §44c	Verkehrsbeeinflussung bei Verkehrsbeschränkungen	Legitimation VMS
6	StVO 1960 i.d.g.F., §46	Autobahn Pannendienst, Rettungsgasse	Situierung mobiles VMS – Teilsysteme
7	StVO 1960 i.d.g.F., §47	Autostraßen wie §46	wie §46
8	StVO 1960 i.d.g.F., §53 15b, 16b, 16c	Hinweiszeichen, Ausfahrtswegweiser, Umleitung, Wechsel der Richtungsfahrbahn	Definition Inhalte und Aussehen Anzeige
9	§89 bis §93	Verkehrerschwernisse	Legitimation zum Aufstellen und Demonstrieren eines mobilen VMS
10	StVO 1960 i.d.g.F., §97	Organe der Straßenaufsicht, Sicherheit der Personen	Zuständigkeiten
11	StVO 1960 i.d.g.F., §98a	Geschwindigkeitsmessung aufgrund Lärm, Geruch, Schadstoffe	Legitimation VMS - Messung
12	StVO 1960 i.d.g.F., §98b	Punktuelle Geschwindigkeitsmessung, bildverarbeitende technische Einrichtungen	Legitimation VMS - Messung
13	StVO 1960 i.d.g.F., §98c	Abstandsmessung	Legitimation VMS - Messung
14	StVO 1960 i.d.g.F., §98f	Verkehrsbeobachtung, Datenschutz	Legitimation VMS - Messung

Tab. 1: Grundlagen für den Einsatz

Quelle: Bundeskanzleramt Österreich (Hrsg.): Rechtsinformationssystem, 2012.

2.3.2 Technische Rahmenbedingungen

Nr	Technisches Regelwerk	Thematik	Relevanz
1	RVS 05.01.12	Verkehrsmeldungen, Verkehrsdaten, Verkehrseignis, (Ort, Ursache, Wirkung, Zeit) in kooperativen Verkehrsmanagementzentralen; Übermittlungstechnik	Konzept VMS
2	RVS 05.01.11	Anforderungen an Verkehrszeichenträger, Verkehrsschilder, Zusatztafeln; Aufstellmaße	Konzept VMS, Anzeigetafel
3	RVS 05.02.12	Beschilderung und Wegweisung im untergeordneten Straßennetz (Maße, Folientypen bzw. Beleuchtete VZ, Zusatzschilder-anbringung, Farbe, Piktogramme)	Konzept VMS
4	RVS 05.02.13	Beschilderung und Wegweisung auf Autobahnen (Maße, Farbe, Hinweistafeln, Aufstellung)	Konzept VMS, Anzeigetafel
5	RVS 05.02.14	Vertikale Leiteinrichtungen, Leittafeln bei Fahrbahnteilung,	Konzept VMS
6	RVS 05.04.21	Verkehrslichtsignalanlagen und Verkehrsleitsysteme, Fahrstreifensignale und Wechselverkehrszeichenanlagen an Straßen im öffentlichen Verkehr	Konzept VMS
7	RVS 05.05.41	Gemeinsame Baustellen-Bestimmungen für alle Straßen (Leiteinrichtung, Lichtquellen, Energieversorgung, Absperrungen, VLSA, Warnkleidung)	Konzept VMS
8	RVS 05.05.42	Beschilderung und Aufstellung bei Baustellen mit Wechsel der Richtungsfahrbahn, Bodenmarkierungen, Fahrzeugrückhaltesysteme, Sofortmaßnahmen bei Unfällen,	Konzept VMS

		Arbeitsfahrten und Fahrzeuge	
9	RVS 05.05.43	Baustellenabsicherung bei Straßen mit zwei oder mehr Fahrstreifen je Fahrtrichtung	Konzept VMS
10	RVS 05.05.44	Baustellenabsicherung bei Straßen mit einem Fahrstreifen je Fahrtrichtung	Konzept VMS
11	RVS 05.06.11	Visuelle Störwirkungen, Standorte von Informationsträgern, Lichtemission	Anzeigetafel
12	ASFINAG: Richtlinien zur Baustellenverkehrsführung und -verkehrssicherheit	Arbeitsstellenaufbau für alle Straßen; Baustellenabsicherung, Verkehrsführung, Vorwarnungen, Bewilligungen, Markierungen, Arbeitsfahrten	Konzept VMS
13	ASFINAG: Richtlinien für Videosysteme und videobasierte Detektionssysteme	Technische Vorgaben Videosysteme	Videodetektion

Tab. 2: ASFINAG – Planungshandbücher

Quelle: FSV (Hrsg.): RVS, 2012. ; ASFINAG (Hrsg.): Baustellenverkehrsführung und -verkehrssicherheit, 2007. ; ASFINAG (Hrsg.): Videosysteme und videobasierende Detektionssysteme, 2009.

2.4 Stand der Technik, Stand der Forschung

Das Verkehrsmanagement beschäftigt sich mit dem Messen (direkte Erfassung verkehrlicher Kenngrößen), dem Modellieren (Nachbilden der Realität durch funktionale Zusammenhänge) und dem Managen (organisieren, regeln, Steuern und optimieren des Verkehrs) des Verkehrs. Ein System des Verkehrsmanagements sind Verkehrsbeeinflussungsanlagen.

Im hochrangigen hochbelasteten Straßennetzen sind stationäre Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) zur Streckenbeeinflussung (SBA) (z.B. Geschwindigkeitsharmonisierung, Gefahrenwarnung etc.) aber auch zur Netzbeeinflussung (NBA) (z.B. Alternativroutenempfehlung) im Einsatz. Verkehrszustände und Umfeldbedingungen werden detektiert und in komplexen Analyse- und Entscheidungsalgorithmen zu Informationen verarbeitet, die i.d.R. dem Straßenbenutzer mittels Überkopfdisplays angezeigt werden.

Im ausgeschriebenen Projekt soll nun eine Übertragung der wesentlichsten Funktionalitäten auf eine mobile Anlage zur „Überwachung“ und „Steuerung“ auf seine Machbarkeit überprüft werden und gegebenenfalls ein Prototyp entwickelt werden. Die Entwicklung des Systems kann sich am Regelkreis des Betriebs einer VBA orientieren (siehe Abbildung).



Abb. 9: Regelkreis des Betriebs einer VBA

Quelle: ASFINAG (Hrsg.): Verkehrsmanagement, 2010.

Folgende Themenbereiche werden im Rahmen der Machbarkeitstufe entsprechend dem Regelkreis des Betriebs einer VBA tangiert und im Folgenden der Stand der Technik bzw. des Wissens dargestellt:

- Datenerfassung bzw. Detektion
- Analyse und Aufbereitung der Verkehrsdaten
- Ableitung von Regelungsmaßnahmen zur Verkehrsbeeinflussung
 - Anwendungsgebiet Baustellen mobile VBA
 - Anwendungsgebiet Großveranstaltungen
- Informationsvermittlung an Verkehrsteilnehmer

Datenerfassung bzw. Detektion

Zur Detektion von Verkehrsdaten stehen vielfältige Technologien zur Verfügung und sind einzeln oder in Kombination zum Teil auch im Einsatz. Je nach Detektionsaufgabe kommen einerseits straßenseitig Radar, Laser, Video, Ultraschall und auch Bluetooth zur Anwendung andererseits werden Fahrzeugseitig Floating Car Data (FCD), RPL Daten etc. als Informationsquelle genutzt. Tabelle 1 zeigt einige Entwicklungen bzw. am Markt befindlichen Produkte von straßenseitigen Messsensoren.

	Radar LED Displays Verkehrszählgeräte	BLIDS	Traffic Eye	VDR - Vehicle Detection and Registration Sensor	PoliScanspeed PoliScansurveillance PoliScansmart
Anforderungsprofil	Szierzega	c.c.com	Siemens	Kapsch TrafficCom	vitronic
Datenerfassung Meßmethode:	RADAR	BLUETOOTH HANDY- TECHNOLOGIE, RADAR	PASSIV – INFRAROT	VIDEO	LASER, VIDEO
Multisensorik	NEIN	JA	NEIN	NEIN	JA
Erfassung von Fahrzeuganzahl:	JA	NEIN	JA	JA	JA
Verkehrsbeziehungen:	NEIN	JA (Handy)	NEIN	BEDINGT	BEDINGT
Art des Fahrzeuges:	JA	JA (nur RADAR)	JA (2 Klassen)	NEIN	NEIN
Merkmale des Fahrzeuges (Geschw., Größe etc.):	JA	JA (nur RADAR)	JA	NEIN	NEIN

Tab. 3: Vergleich einiger derzeitiger am Markt befindlicher Produkte

Quelle: eigene Darstellung

MSdek pro und MSdek plus

Die einreichende Bergewerkschaft hat als ARGE „MSdek Verkehrstechnik“ folgende in Tabelle 2 dargestellte Sensorik in Entwicklung und teilweise bereits im Markteinsatz.

Tabelle 2 Vergleich der MSdek Verkehrstechnik Produkte bzw. Entwicklungen

	MSdek pro	MSdek plus
Anforderungsprofil	ARGE MSdek Verkehrstechnik	ARGE MSdek Verkehrstechnik
Datenerfassung Meßmethode:	VIDEO, RADAR, LASER	VIDEO
Multisensorik	JA	NEIN
Erfassung von Fahrzeuganzahl:	JA	JA
Verkehrsbeziehungen:	JA	JA (im Detektionsbereich)
Art des Fahrzeuges:	JA	JA
Merkmale des Fahrzeuges (Geschw., Größe etc.):	JA	JA

Tab. 4: Vergleich der MSdek Verkehrstechnik Produkte bzw. Entwicklungen

Quelle: eigene Darstellung

Im Zuge der Entwicklung von MSdek-pro wurden in einem automatischen Multisensorsystem zur Verkehrsdatenerfassung verschiedene, marktgängige Erfassungstechnologien (Video, Radar- und Lasertechnologie) ausführlich getestet, die zukünftig flexibel miteinander zu einem exakten und leistungsfähigen Detektionssystem kombiniert werden können.

- Mit Hilfe der videobasierten automatischen Kennzeichenerfassung kann die zeitlich feinteilige Verkehrsnachfrage in Form von Verkehrsbeziehungen (Quelle-Ziel-Beziehungen) in einer dynamischen Betrachtung im Tages- und ggf. Wochenverlauf bestimmt werden.
- Radar- oder Lasertechnologie dient zur Ermittlung der Fahrzeugarten (z.B. Pkw, Bus, Lkw) und der gefahrenen Geschwindigkeiten.

Über Softwaretools erfolgt in der Datenfusion die Fehlerbereinigung, die Synchronisation der Verkehrsdaten, die Ermittlung der Verkehrsbeziehungen (Quelle-Ziel-Matrix) und die Aufbereitung der Eingangsdaten für die mikroskopische Verkehrsfluss-Simulation.

Im Rahmen des Projektes MSdek-plus erfolgt eine wesentliche Erweiterung der MSdek-pro Systems, indem zur Erhebung des Verkehrsablaufs eine innovative Sensorik entwickelt wird, die folgende Eigenschaften aufweist:

- Es wird ein Sensor zentral oder als Panoramasytem angeordnet.
- Es wird ausschließlich die Video-Bildanalyse als Sensor verwendet.
- Der neue Algorithmus der Video-Bildanalyse wird entwickelt.

Dadurch gelingt

- eine Vielzahl an Fahr- und Bewegungsvorgängen (gleichzeitig) zu analysieren,
- Fahrrelation der Fahrzeuge und Fahrzeugart synchron zu identifizieren und
- qualitativ bessere und neue Informationen über Fahrvorgänge innerhalb der Verkehrsanlagen zu generieren, die zu einer weiteren Qualitätssteigerung der Eingangsdaten für die mikroskopische Verkehrsfluss-Simulation beitragen.

Richtlinien mit Bezug Videodetektion

FGSV: Hinweise zur kurzzeitigen automatischen Erfassung von Daten des Straßenverkehrs⁶

In den Richtlinien werden allgemeine Hinweise für automatische Datenerfassungssysteme mit Video-Detektion und ihre Einsatzmöglichkeiten dargestellt.

Videosysteme und videobasierende Detektionssysteme ASFINAG⁷

In den Richtlinien der ASFINAG werden technische Anforderungen definiert.

Forschungsprojekte und Forschungsarbeiten in Bezug auf Video-Detektion

Pilothafter Einsatz moderner Verkehrserfassungssysteme zur Stauvermeidung in Baustellen⁸

Im bundesdeutschen Autobahnnetz führen aufgrund der stetig anwachsenden Verkehrsbelastungen auch schon kurzzeitige Einschränkungen der Kapazität immer wieder zu erheblichen volkswirtschaftlichen Verlusten. Gerade hochbelastete Arbeitsstellen längerer Dauer stellen bzgl. des Aufkommens und der Auswirkungen von Störfällen neuralgische Punkte im Straßennetz dar und verursachen vermehrt Stauereignisse. Dem vorliegenden Forschungsvorhaben lag die Aufgabenstellung zu Grunde, Potentiale des Einsatzes von Videokameras in Arbeitsstellen längerer Dauer anhand einer Pilotanwendung zu erarbeiten und zu bewerten.

Nationale Forschungsprojekte - Österreich⁹

Im Rahmen der I2V Programme des BMVIT wurde im Projekt **Net Flow** – System zur Erkennung von Fahrgastströmen und Umsteigeverhalten an Knotenpunkten im Netzwerk des ÖV (2008) ein Video-basiertes System zur Analyse von Fahrgastströmen entwickelt. Im Mittelpunkt steht die quantitative Erfassung der Fahrgastströme. Fahrzeuge und deren Eigenschaften, Geschwindigkeiten etc. werden nicht betrachtet.

⁶ FGSV-AG-Verkehrsplanung (Hrsg.): Erfassung von Daten des Straßenverkehrs, 2010.

⁷ ASFINAG (Hrsg.): Videosysteme und videobasierende Detektionssysteme, 2009.

⁸ Volkenhoff T., Kemper D., Steinauer B.: Einsatz moderner Verkehrserfassungssysteme, 2012.

⁹ FFG (Hrsg.): Startseite iv2splus, 2012.

Das Projekt **BLIDS_Network** Bluetooth Intelligenter Verkehrssensor für Straßennetze (2008) arbeitet mit der auf Bluetooth-Technologie eindeutigen Identifikation von im Verkehr mitgeführten Geräten (Handys). Da hierbei der eindeutige Bezug zu Fahrzeugen nicht gegeben ist, muss mit einem zusätzlichen Sensor (Radar) und statistischen Modellen auf Verkehrsströme hochgerechnet werden. Ein exakter Ortsbezug ist nicht herstellbar.

Das **Air2Traffic** – Luftgestützte Verkehrsanalyse mit videobasierter Ableitung von Verkehrsrelevanten Parametern und georeferenzierter Integration in Verkehrslagesysteme erarbeitete ein Verfahren zur Auswertung von aus Flugzeugen gewonnenen Luftbildern, bei der Fahrzeugbewegungen eindeutig extrahiert und in einem weiteren Schritt dem Straßengraphen zugeordnet werden können. Die daraus gewonnenen Verkehrskenngrößen dienen als zusätzliche Informationsquelle von Verkehrslagebildern und nicht zur Identifikation von Verkehrsströmen.

Weber (2007)¹⁰ untersucht in seiner Arbeit Möglichkeiten zur Ermittlung der mittleren Reisegeschwindigkeiten mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung. Über einen Algorithmus Farb-Objekterkennung sollen möglichst viele Fahrzeuge erkannt werden. Die Fahrzeug(wieder)erkennung basiert auf stochastischen Modellen und Algorithmen zur Mustererkennung von aufeinander folgenden Fahrzeugreihen (Farbfolgen).

Das Projekt **NGSIM**¹¹ – Next Generation Simulation Programm formuliert Anforderungsprofil an Simulations-Eingangsdaten (z.B. für die Simulationssoftware VISSIM) die dem Standard von MSdek-pro und MSdek-plus entsprechen.

1) Analyse und Aufbereitung der Verkehrsdaten

Fusion von Verkehrsdaten mit Mikromodellen am Beispiel von Autobahnen¹²

Die Arbeit widmet sich dem Problem der kontinuierlichen Verkehrslageschätzung in einem Straßennetz. Da es aufgrund hoher Verkehrsdichten immer häufiger zu Geschwindigkeitseinbrüchen kommt, ist die Verkehrslageschätzung ein äußerst relevantes Problem, stellt sie doch eine unabdingbare Voraussetzung für jede Form gezielter Verkehrsbeeinflussung und -information dar.

¹⁰ Weber T., Ermittlung der mittleren Reisegeschwindigkeit, 2007

¹¹ FHAOTM (Hrsg.): ngsim-community

¹² Laworski S.: Fusion von Verkehrsdaten mit Mikromodellen, 2009.

Optische Informationssysteme (OIS) für die Verkehrszustandsanalyse und Verkehrslenkung;¹³

Die Forschungsarbeit beschäftigt sich allgemein mit dem Einsatz von optischer Detektion für den Einsatz in der Verkehrszustandsanalyse.

Videobasierten Verkehrszustandsidentifikation: Automatische Stauererkennung anhand von Live-Kamera-Bildern des Straßenverkehrs¹⁴

Die Arbeit widmete sich der Entwicklung und Untersuchung eines neuartigen Verfahrens zur automatischen Ermittlung des Verkehrszustandes aus Live-Kamera-Bildern, wobei besonderes Augenmerk den Grenzen und Möglichkeiten einer automatischen Stauererkennung gelegt wurde

Interpretation von Straßenverkehrsszenen bei Einsatz von Schwenk-Neige-Kameras;¹⁵

Die Arbeit beschäftigt sich mit dem Einsatz von Schwenk-Neige-Kameras und den Anforderungen für den Einsatz zur teilweise automatisierten Bildinterpretation.

Verfahren zur Stauprognose an Engpässen auf Autobahnen unter besonderer Berücksichtigung von Arbeitsstellen¹⁶

Die Arbeit befasst sich mit Verfahren zur Stauprognose an Baustellen (Arbeitsstellen) im Autobahnnetz.

Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen¹⁷

Zur Vervollständigung und Aufbereitung von Verkehrsdaten werden im Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen („MARZ“ - BAST, 1999) Verfahren beschrieben, die eine notwendige Grundlage für mehrere Situationsbewertungs- und Steuerverfahren bilden. Darüber hinaus existieren weitere Verfahren, die ergänzend eingesetzt werden können, um das Gesamtbild über die Verkehrslage zeitlich oder räumlich zu erweitern.

¹³ SPP Consult (Hrsg.): Optische Informationssysteme, 2004.

¹⁴ Döge K-P.: Ein Beitrag zur videobasierten Verkehrszustandsidentifikation, 2004.

¹⁵ Brake M.: Teilautomatisierte Interpretation von Straßenverkehrsszenen, 2008

¹⁶ Ober-Sundmeier A.: Entwicklung eines Verfahrens zur Stauprognose, 2003.

¹⁷ BAST (Hrsg.): Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen, 1999.

2) Ableitung von Regelungsmaßnahmen zur Verkehrsbeeinflussung

Einsatzbereich von Steuerverfahren für Streckenbeeinflussungsanlagen¹⁸

Für die Steuerung von Streckenbeeinflussungsanlagen, welche zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und Leistungsfähigkeit auf Autobahnen und Schnellstraßen eingesetzt werden, existieren verschiedene Verfahren unterschiedlicher Komplexität. In der Arbeit wurden gegenwärtige Einsatzbereiche für diese Verfahren sowie Gründe für Entwicklungen bezüglich der Einsatzbereiche untersucht.

Verkehrstelematik als Lösung von Verkehrsproblemen¹⁹

In der Arbeit werden Nutzungsaspekte zum Einsatz von Verkehrstelematik diskutiert.

Einfluss von Streckenbeeinflussungsanlagen auf die Kapazität von Autobahnabschnitten sowie die Stabilität des Verkehrsflusses²⁰

Ziel der Arbeit ist es, die Auswirkungen von Streckenbeeinflussungsanlagen auf die Kapazität (max. Verkehrsstärke) und die Leistungsfähigkeit (q-v-Funktion) der Strecke sowie auf die Homogenität und die Stabilität des Verkehrsflusses zu untersuchen.

3) Informationsvermittlung an Verkehrsteilnehmer

Neben den bekannten faseroptischen Schildern kommen neuerdings Wechselverkehrszeichen mit LED-Technik zum Einsatz. Diese haben große Vorteile in besserer Lesbarkeit, bei gleichzeitiger niedrigerer Energieaufnahme und höherer Lebensdauer als die bisherigen Halogenleuchten. Nachfolgend sind exemplarisch Anbieter von stationären und mobilen Anzeigesystemen aufgelistet:

- GESIG Gesellschaft für Signalanlagen GesmbH
- B.A.S. Verkehrstechnik AG
- WIBOND Informationssysteme GmbH
- WIPAMedia GmbH & Co KG

4) Anwendungen und Literatur zum Verkehrsmanagement bei Baustellen und Großereignissen

¹⁸ Grimm J.: Einsatzbereich von Steuerverfahren für Streckenbeeinflussungsanlagen, 2009.

¹⁹ Dismer M., Fuchs A., Nonnens S.: Verkehrstelematik, 2005.

²⁰ Schick P.: Einfluss von Streckenbeeinflussungsanlagen, 2003.

Nachfolgend werden einige Anwendungen für mobile Verkehrsmanagementsysteme exemplarisch genannt.

Das **Air2Traffic**²¹ – Luftgestützte Verkehrsanalyse mit videobasierter Ableitung von Verkehrsrelevanten Parametern und georeferenzierter Integration in Verkehrslagesysteme erarbeitete ein Verfahren zur Auswertung von aus Flugzeugen gewonnenen Luftbildern, bei der Fahrzeugbewegungen eindeutig extrahiert und in einem weiteren Schritt dem Straßengraphen zugeordnet werden können. Die daraus gewonnenen Verkehrskenngrößen dienen als zusätzliche Informationsquelle von Verkehrslagebildern und nicht zur Identifikation von Verkehrsströmen.

InterEVENT²² ist eine Pilotstudie im Rahmen der 1. Ausschreibung I2V 2007 des BMVIT (Salzburg Research et. al.) mit dem Ziel, intermodales Verkehrsmanagement bei zeitlich und örtlich klar abgegrenzten Großveranstaltungen zu unterstützen. Es werden Maßnahmen zur dynamischen und individuellen Zielleitung von BesucherInnen abgeleitet und prototypisch implementiert. Das Projekt wird Konzepte und Lösungen für folgende Bereiche entwickeln:

- Verkehrsplanung und Verkehrssimulation für Großveranstaltungen
- Abwicklung und Steuerung der Verkehrsströme bei Großveranstaltungen
- Optimierung der individuellen An- und Abreise von Besuchern

Das vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) entwickelte Projekt **VABENE** soll die Einsatzkräfte bei Entscheidungen zum Verkehrsmanagement unterstützen. Zur Erfassung des Verkehrszustands in großen Gebieten (z.B. in Ballungsräumen) entwickelt das Institut neue Ansätze und Verfahren. Schwerpunkte bilden dabei die Erfassung mit bildgebenden Verfahren und die zeitgenaue Ortsbestimmung von Fahrzeugenflotten anhand so genannter Floating Car Data (FCD). Bildverarbeitung zur Objektbeobachtung sowie die Fusion der Informationen verschiedenster Sensoren bilden die Grundlage für eine verlässliche Situationserfassung und -beurteilung. Für das Verkehrsmanagement von Großereignissen ist der Kameraeinsatz auf fliegenden Trägern von besonderem Interesse.

²¹ FFG (Hrsg.): Startseite iv2splus, 2012.

²² Salzburg Research (Hrsg.): InterEVENT, 2007.

Das Produkt **ILIAS**²³ der Firmenkooperation zwischen der momatec GmbH, der B.A.S. Verkehrstechnik AG und der Adolf Nissen Elektrobau GmbH + Co. KG umfasst die einzigartige Kombination von mobilen, dynamisch steuerbaren Komponenten für Anzeige und Erfassung zusammen mit der strategischen Verkehrsmanagementzentrale für den Betrieb der straßenseitigen mobilen Infrastruktur. Die technischen Komponenten von ILIAS sind mobile LED-Tafeln, mobile Verkehrserfassung und Verkehrsmanagement-Tool ALMO.

ILIAS ist eine Service-Lösung, um die Stauvermeidung und die Sicherheit im Bereich von Arbeitsstellen und sonstigen Ereignissen zu verbessern.

2.5 Methode und Vorgehensweise

Für die Bearbeitung der vorliegenden Machbarkeitsstudie wurden folgende Methoden zur Bearbeitung gewählt:

Themenbereich A: Grundlagen: Ziele der ASFINAG, Wünsche und Ansprüche an das Detektionssystem und den Einsatz eines mobilen VMS, Stand der Technik, Rahmenbedingungen

- Literaturrecherche
- Gespräche mit Durchführungsverantwortlichen

Themenbereich B: Konzeption Realeinsatz: Einsatzmöglichkeiten, Einsatzszenarien

- Literaturrecherche
- Gespräche mit Durchführungsverantwortlichen
- Definition von prototypischen Einsatzszenarien zum Realeinsatz
- Ableitung Einsatzstrategien und Handlungsspielräume

Themenbereich C: Konzeption und Systemaufbau eines VMS: Technische Lösung

- Recherche Datenblätter
- Wirkungsanalyse zur Beurteilung
- Funktionstests – Bandbreitenmessungen
- Auswertung eigene Datenreihen

Themenbereich D: Funktionsanalyse und Bewertung Machbarkeit

²³ momatec GmbH (Hrsg.): ILIAS, 2012.

- Recherche Datenblätter
- Wirkungsanalyse Einsatzszenarien zur Beurteilung
- Funktionstests – Bandbreitenmessungen
- Auswertung eigene Datenreihen
- Wirkungsanalyse Zielerfüllung - Machbarkeit

3 KONZEPTION REALEINSATZ

Das mobile Verkehrsmanagementsystem soll in den routinemäßigen Ablauf im Verkehrsmanagement der ASFINAG im Rahmen der Verkehrsüberwachung und Verkehrsbeeinflussung eingebunden werden.

Die ASFINAG führt schon derzeit im Wesentlichen von allen existierenden Verkehrsbeeinflussungsanlagen sowohl relevante Messwerte, als auch Videobilder zur Beurteilung der Lage vor Ort in der Einsatzzentrale Inzersdorf / Wien zusammen. Insgesamt muss zwischen Informationen unterschieden werden die

- automatisch verarbeitete und als Textinformation (Warnhinweise zur Wetterlage etc.) oder Bildinformation (Verkehrszeichen z.B. Geschwindigkeitsbeschränkung) angezeigt werden und
- „manuell“ durch visuelle Analyse von Bildern des Geschehens von einem Disponenten beurteilt und im Rahmen eines routinemäßigen Ablaufs in Textinformation (Umleitungsempfehlung etc.) oder Bildinformation (Verkehrszeichen z.B. Geschwindigkeitsbeschränkung) umgesetzt werden.

Die manuelle Beurteilung der Lage bezieht sich insbesondere auf Informationen zum Verkehrsablauf in Situationen, die nicht im Normalbetrieb eingeordnet werden können. Dies ist besonders bei spontanen Störereignissen (Unfällen) und bei geplanten Eingriffen z.B. Baustellen, die zur eingeschränkten Verfügbarkeit der Infrastruktur und damit zu zeitweiligen Kapazitätseinbußen führen, erforderlich. Der Disponent in der Zentrale Inzersdorf informiert sich bei bestehenden VBAs über Verkehrszustand und Verkehrsaufkommen und entscheidet über zu setzende Maßnahmen. Somit stellt der Mensch (Disponent) die Schnittstelle zwischen teilautomatisierten Erhebungsdaten und Maßnahmenaktivierung / Informationsweitergabe dar.

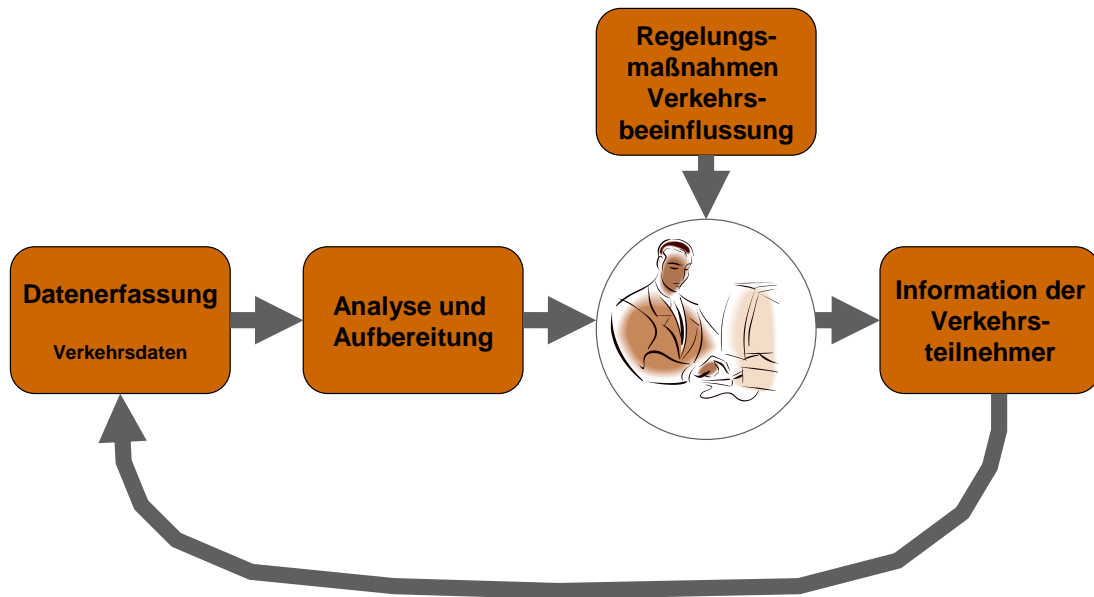


Abb. 10: Routinemäßiger Ablauf in einem mobilen Verkehrsmanagementsystem

Quelle: ASFINAG (Hrsg.): Verkehrsmanagement, 2010. ; Besprechung mit Mag. Hufnagl am 30.05.2012.

Die mobilen Verkehrsmanagementsysteme sollen entsprechend der Vorstellungen der ASFINAG (Mag. Hufnagl) im Wesentlichen in den einen Ablauf mit „manuellen“ eventuell teilautomatisierten Beurteilung der Verkehrslage und des Verkehrszustands eingefügt werden.

Als Grundlage für den Einsatz eines mobilen Verkehrsmanagementsystems werden im Folgenden für vier Einsatzszenarien definiert:

- Unfall
- Baustelle
- Großveranstaltungen
- neuralgische Streckenabschnitte

3.1 Einsatzszenarien

3.1.1 Unfall

Unfälle können als spontane Ereignisse bezeichnet werden, die zu einer zeitweiligen nicht vorhersehbaren Kapazitätseinschränkung der Straßeninfrastruktur führen können. Dabei werden oder mehrere Fahrstreifen einerseits durch am Unfall beteiligte KFZ blockiert andererseits durch den Platzbedarf für den Einsatz bzw. der Bergung eine Teil- oder

Totalsperre erforderlich. Dem nachfolgenden Verkehr steht der Restquerschnitt im unmittelbaren Unfallbereich zur Verfügung, der je nach Verkehrsaufkommen zum Abfluss ausreicht oder im Vorlauf zum Stauaufbau führt.

Einsatzszenario 1: Spontanereignis – Unfall

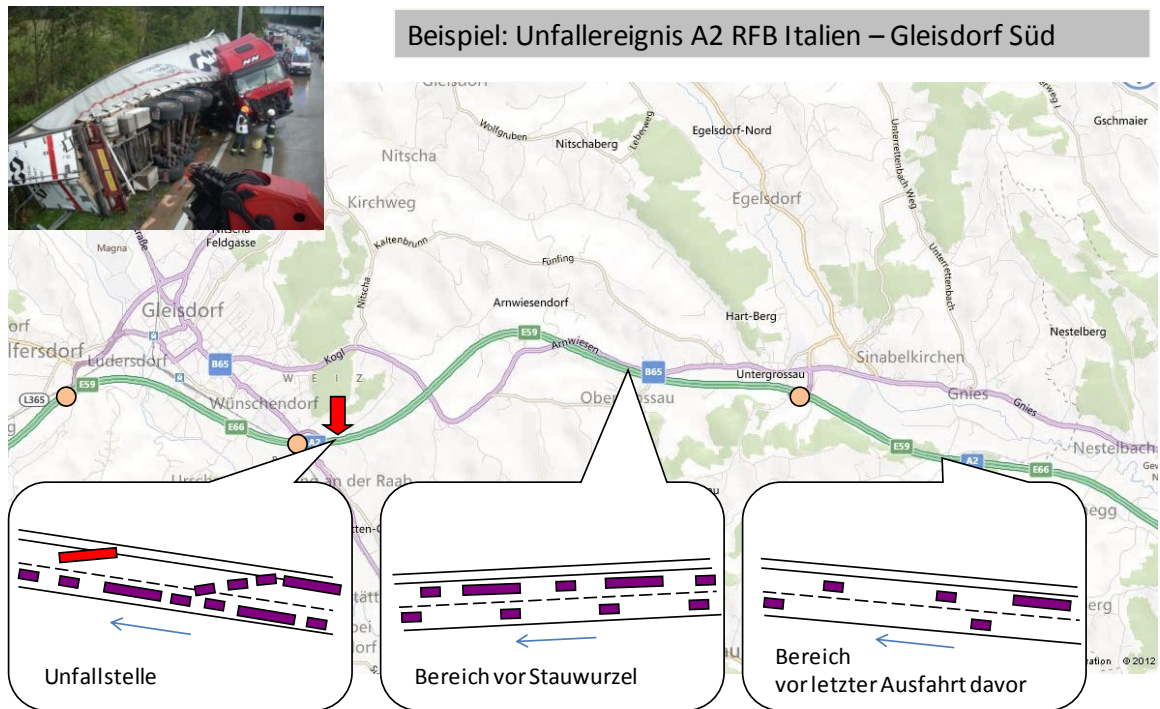


Abb. 11: Einsatzszenario 1: Unfall – Verkehrszustand im Ereignisfall
 Quelle: eigene Darstellung; Hintergrundgraphik: Bing; Foto: Feuerwehr Gleisdorf

Beteiligte Personen / Organisationen

Tabelle zeigt die Beteiligten bei Unfällen und deren Aufgaben.

Beteiligter	Tätigkeit / Aufgabe	Relevanz für VMS
Verkehrsteilnehmer	Unfallmeldung ²⁴ an Leitstelle oder Notrufzentrale	
Polizei	Überwachung und Absicherung Beseitigung von Störungs- und Gefahrenstellen Aufnahme von Verkehrsunfällen Lenkung des Verkehrs – Entscheidung über	VMS als Informationsquelle - Einsatzzentrale

²⁴ Haupteinsatzgebiet eines mobilen VMS stellen Streckabschnitte ohne VBA dar, Einrichtungen zur automatischen Detektion von Unfällen sind daher nicht vorhanden.

	Ausweichroute Weiterleitung von Meldungen an Verkehrszentrale	
Rettungsdienst und Feuerwehr	Notfallrettung / Krankentransportz Retten und Schützen von Menschen und Tieren Löschen von Sachwerten	VMS als Informationsquelle – An- bzw. Abfahrt
Straßenmeisterei	Koordinierung Einsatz – Einsatzleitung vor Ort ²⁵ Beseitigung von Störungs- und Gefahrenstellen Koordinierung von Meldungen an Verkehrszentrale Wiederherstellung	Teil eines VMS Systems
Verkehrszentrale ASFINAG	Koordinierung Einsatz – Einsatzleitung Zentrale Koordinierung von Meldungen Einleitung Verkehrsmanagementmaßnahmen Weitergabe von Meldungen TMC, Rundfunk etc.	Teil eines VMS Systems

Tab. 5: Einsatzszenario 1: Unfall – Beteiligte im Ereignisfall

Quelle: eigene Darstellung

Ablauf des Ereignisses im bestehenden Verkehrsmanagement

Verkehrsgeschehen / Ablauf	Verfügbarkeit / Einschränkungen	Verkehrsmanagement
Unfallgeschehen Unfallmeldung Bildung eines Rückstaus ausgehend von der Unfallstelle in Abhängigkeit von Umfang, Einschränkungen, Zeitpunkt und Zeitdauer des Unfallgeschehens	Teilsperre / Totalsperre Sicherung der Unfallstelle Teilsperre / Totalsperre	Aktivierung der Einsatzkräfte Anfahrt und Eintreffen der Einsatzkräfte Festlegung erforderlichen Maßnahmen Ausführung der Maßnahmen (Retten, Schützen, Bergen, Reinigen) Information Einsatzzentrale - Verkehrsmeldung (Radio, TMC) Information an

²⁵ Die voraussichtliche Dauer des Ereignisses wird durch Autobahnmeister abgeschätzt.

Reaktion Verkehrsteilnehmer – Ausweichen auf Alternativroute Auflösung des Staus	Aufhebung Sperre – Freigabe	Verkehrsteilnehmer - Ausweichrouten
--------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------	----------------------------------------

Tab. 6: Einsatzszenario 1: Unfall – Ablauf im Ereignisfall

Quelle: eigene Darstellung

Handlungsansatz für ein mobiles Verkehrsmanagement

Im Einsatzszenario Unfälle liegt der Schwerpunkt beim derzeitigen und zukünftigen Verkehrsmanagement auf Maßnahmen zur Wiederherstellung des ungestörten Zustands.

Folgende Einflussgrößen kennzeichnen Unfälle aus Sicht des Verkehrsmanagements:

- Umfang der Einschränkung der Verfügbarkeit der Verkehrsinfrastruktur (Teilsperre, Totalsperre)
- Dauer des Unfallereignisses (z.B. Langzeitereignisse ab 1,5h)
- Zeitpunkt des Unfallereignisses (Spitzenstunde im Verkehrsaufkommen – Schwachlastzeit)
- Verfügbarkeit Ersatzrouten (Dichte des Straßennetzes)
- Verfügbarkeit der Information über Einschränkung der Verkehrsinfrastruktur und Ersatzroute (Wissen der Einsatzkräfte)
- Reaktionszeit Management (Aktivierzeit, Anfahrzeit, Zeit für die Wiederherstellung)

Strategie des Verkehrsmanagements	Maßnahmen des Verkehrsmanagements	beabsichtigte Wirkung
Stauaufbau verlangsamen Stauabbau beschleunigen	Verkürzung Totalsperren Ableitung des gesamten KFZ-Verkehrs auf lokale / kleinräumige Alternativ-routen Information über großräumige Alternativrouten	KFZ-Verkehr unmittelbar vor der Unfallstelle soll abfließen können. Gesamter KFZ-Verkehr vor Entscheidungsmöglichkeit zu Alternativroute über untergeordnete Straßennetz soll zur Wahl einer lokalen/kleinräumigen Alternativroute motiviert werden. KFZ-Verkehr vor Entscheidungsmöglichkeit zu Alternativroute über Autobahn- und/oder Schnellstraßennetz

		soll zur Wahl einer großräumigen Alternativroute motiviert werden.
--	--	--------------------------------------------------------------------

Tab. 7: Einsatzszenario 1: Unfall – Strategien, Maßnahmen und Wirkung des Verkehrsmanagements

Quelle: eigene Darstellung

Das Verbesserungspotential eines mobilen Verkehrsmanagementsystems bei Unfällen liegt in der rechtszeitigen (zeitlich und örtlich) Information der KFZ-Lenker über mögliche lokale/kleinräumige Alternativrouten. Ziel ist es KFZ-Lenker, die in Richtung Unfallstelle unterwegs sind und noch vor der letzten möglichen Ausfahrt mit Alternativroute bis zur ersten erreichbaren Auffahrt nach der Unfallstelle über die Möglichkeit zum Ausweichen zu informieren. Dies bedingt, dass

- die Einsatzleitung über den Zustand an der Unfallstelle (vermutete Dauer, Beginn und Ende, Umfang und Art der Einschränkung) Bescheid weiß und dass
- die Information vor Ort vermittelt werden kann.
- Zusätzlich sind Informationen über den Verkehrszustand (Verkehrsablauf) bzw. die Länge des Staus (Lage der Stauwurzel) vor dem Unfallstellenbereich sinnvoll aber für den „Minimaleinsatzfall“ eines mobilen VMS nicht zwingend erforderlich.

3.1.2 Baustellen

Baustellen auf der Autobahn oder Schnellstraße werden insbesondere bei Sanierungs- und Neubauprojekten detailliert geplant. Gegenstand der Planung sind im Wesentlichen die Bauphasen mit Bauablauf, die Verkehrsführung vor, im und nach dem Baustellenbereich und die dafür erforderliche Beschilderung und Markierung bzw. Ausstattung. Für diese Planung stehen Regelwerke der ASFINAG und Forschungsgesellschaft Straße – Schiene und Verkehr zur Verfügung.

Dabei werden ein oder mehrere Fahrstreifen einerseits durch die Baustelle mit Zu- und Abfahrt zur Baustelle blockiert andererseits Teilsperren durch den Platzbedarf für eventuell erforderliche Verkehrsführungen erforderlich. Dem nachfolgenden Verkehr steht der Restquerschnitt im unmittelbaren Baustellenbereich zur Verfügung, der je nach Verkehrsaufkommen zum Abfluss ausreicht oder im Vorlauf zum Stauaufbau führt.

Einsatzszenario 2: Geplantes Ereignis – Baustelle

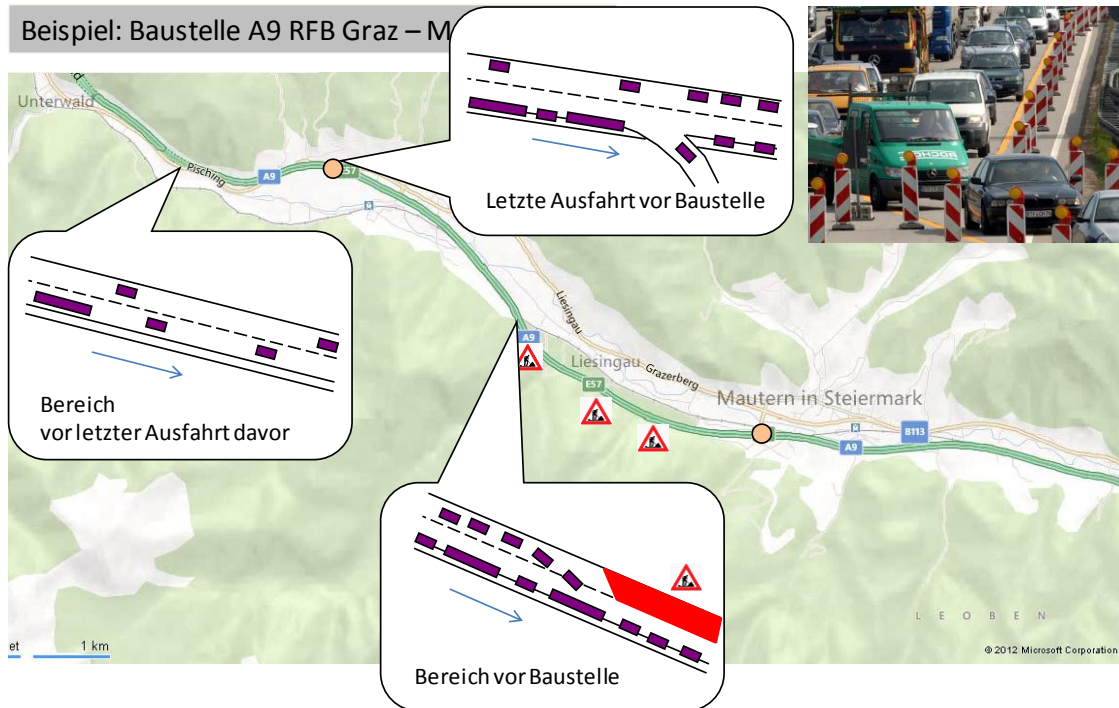


Abb. 12: Einsatzszenario 2: Baustelle – Verkehrszustand im Ereignisfall

Quelle: eigene Darstellung; Hintergrundgraphik: Bing; Foto: Sinoconcept

Beteiligte Personen / Organisationen

Tabelle zeigt die Beteiligten bei Unfällen und deren Aufgaben.

Beteiligter	Tätigkeit / Aufgabe	Relevanz für VMS
Verkehrsteilnehmer	Staumeldung ²⁶ an Leitstelle	
Polizei	Überwachung und Absicherung Beseitigung von Störungs- und Gefahrenstellen Lenkung des Verkehrs – Entscheidung über Ausweichroute Weiterleitung von Meldungen an Verkehrszentrale	VMS als Informationsquelle - Einsatzzentrale
Straßenmeisterei	Unterstützung vor Ort der Einsatzleitung	Teil eines VMS Systems

²⁶ Haupteinsatzgebiet eines mobilen VMS stellen Streckabschnitte ohne VBA dar, Einrichtungen zur automatischen Detektion von Stauerscheinungen sind daher nicht vorhanden.

	Beseitigung von Störungs- und Gefahrenstellen Koordinierung von Meldungen an Verkehrszentrale	
Verkehrszentrale ASFINAG	Koordinierung Einsatz – Einsatzleitung Zentrale Koordinierung von Meldungen Einleitung Verkehrsmanagementmaßnahmen Weitergabe von Meldungen TMC, Rundfunk etc.	Teil eines VMS Systems

Tab. 8: Einsatzszenario 2: Baustelle – Beteiligte im Ereignisfall

Quelle: eigene Darstellung

Ablauf des Ereignisses im bestehenden Verkehrsmanagement

Verkehrsgeschehen / Ablauf	Verfügbarkeit / Einschränkungen	Verkehrsmanagement
bei Verkehrsaufkommen unter der Kapazitätsgrenze bei der Baustelle – geringfügige Einschränkungen (Erhöhung Reisezeit)	Teilsperre der Straße über den gesamten Zeitbereich und über die Baustellenlänge	
bei Verkehrsaufkommen über der Kapazitätsgrenze Bildung eines Rückstaus ausgehend von der Baustelle in Abhängigkeit von Umfang, Einschränkungen		Meldung von Stauerscheinungen an die Zentrale; Einsatzzentrale - Verkehrsmeldung (Radio, TMC) - Information an Verkehrsteilnehmer – Ausweichrouten
Reaktion Verkehrsteilnehmer – Ausweichen auf Alternativroute		
Rückgang des Verkehrsaufkommens – Rückbildung des Staus bis zur Auflösung des Staus		Meldung des Endes der Stauerscheinungen an die Zentrale; Aufhebung der Alternativroutenempfehlung

Tab. 9: Einsatzszenario 2: Baustelle – Ablauf im Ereignisfall

Quelle: eigene Darstellung

Handlungsansatz für ein mobiles Verkehrsmanagement

Im Einsatzszenario Unfälle liegt der Schwerpunkt beim derzeitigen und zukünftigen Verkehrsmanagement auf Maßnahmen zur Stauverminderung. Folgende Einflussgrößen kennzeichnen Baustellen aus Sicht des Verkehrsmanagements:

- Umfang der Einschränkung der Verfügbarkeit der Verkehrsinfrastruktur (Umfang der Teilsperre bezogen auf den Querschnitt und die Längenausdehnung, Geschwindigkeitseinschränkungen)
- Verkehrsaufkommen über den Tages- und Wochenverlauf
- Verfügbarkeit Ersatzrouten (Dichte des Straßennetzes)
- Verfügbarkeit der Information über Einschränkung der Verkehrsinfrastruktur und Ersatzroute (Wissen der Einsatzkräfte)

Strategie des Verkehrsmanagements	Maßnahmen des Verkehrsmanagements	beabsichtigte Wirkung
Stauaufbau unterbinden Stauabbau beschleunigen	Ableitung von Teilen des KFZ-Verkehrs (z.B. Schwerverkehr) auf lokale/kleinräumige Alternativ-routen Information über großräumige Alternativrouten	Teile des KFZ-Verkehrs (z.B. Schwerverkehr) vor Entscheidungsmöglichkeit zu Alternativroute über untergeordnete Straßennetz soll zur Wahl einer lokalen/kleinräumigen Alternativroute motiviert werden. KFZ-Verkehr vor Entscheidungsmöglichkeit zu Alternativroute über Autobahn- und/oder Schnellstraßennetz soll zur Wahl einer großräumigen Alternativroute motiviert werden.

Tab. 10: Einsatzszenario 2: Baustelle – Strategien, Maßnahmen und Wirkung des Verkehrsmanagements

Quelle: eigene Darstellung

Das Verbesserungspotential eines mobilen Verkehrsmanagementsystems bei Baustellen liegt in der rechtszeitigen (zeitlich und örtlich) Information der KFZ-Lenker über mögliche lokale/kleinräumige Alternativrouten. Ziel ist es vor Erreichen der maximalen Kapazität der Baustellengstelle KFZ-Lenker, die in Richtung Baustelle unterwegs sind und noch vor der

letzten möglichen Ausfahrt mit Alternativroute bis zur ersten erreichbaren Auffahrt nach der Baustelle über die Möglichkeit zum Ausweichen zu informieren. Dies bedingt, dass

- die Einsatzleitung über das Verkehrsaufkommen (Höhe des Verkehrsaufkommens) und den Verkehrszustand (Qualität des Verkehrsablaufs) vor der Baustelle informiert ist und dass
- die Information vor Ort vermittelt werden kann.
- Zusätzlich sind Informationen über den Verkehrszustand (Verkehrsablauf) unmittelbar vor dem Baustellenbereich sinnvoll aber für den „Minimaleinsatzfall“ eines mobilen VMS nicht zwingend erforderlich.

3.1.3 Großveranstaltungen

Große Veranstaltungen, wie die Airpower in Zeltweg, Musikfestivals, Sportveranstaltungen (Wintersport: z.B. Alpenskiveranstaltungen, Skisprungwettbewerbe etc.; Sommersport: Leichtathletikgroßveranstaltungen, Fußballveranstaltungen etc.), ziehen ein hohes Verkehrsaufkommen auf allen Verkehrsträgern nach sich.

Diese meist kurzzeitige konzentrierte Erhöhung des Verkehrsaufkommens von Besuchern bei An- und Abreise, insbesondere des KFZ-Verkehrsaufkommens, kann die Kapazität der bestehenden Infrastruktur entlang der An- und Abreiserouten durch Überlagerungen mit dem „normalen“ KFZ-Verkehrsaufkommen überschritten werden – Staus sind die Folge.

Einsatzszenario 3: Geplantes Ereignis – Veranstaltung

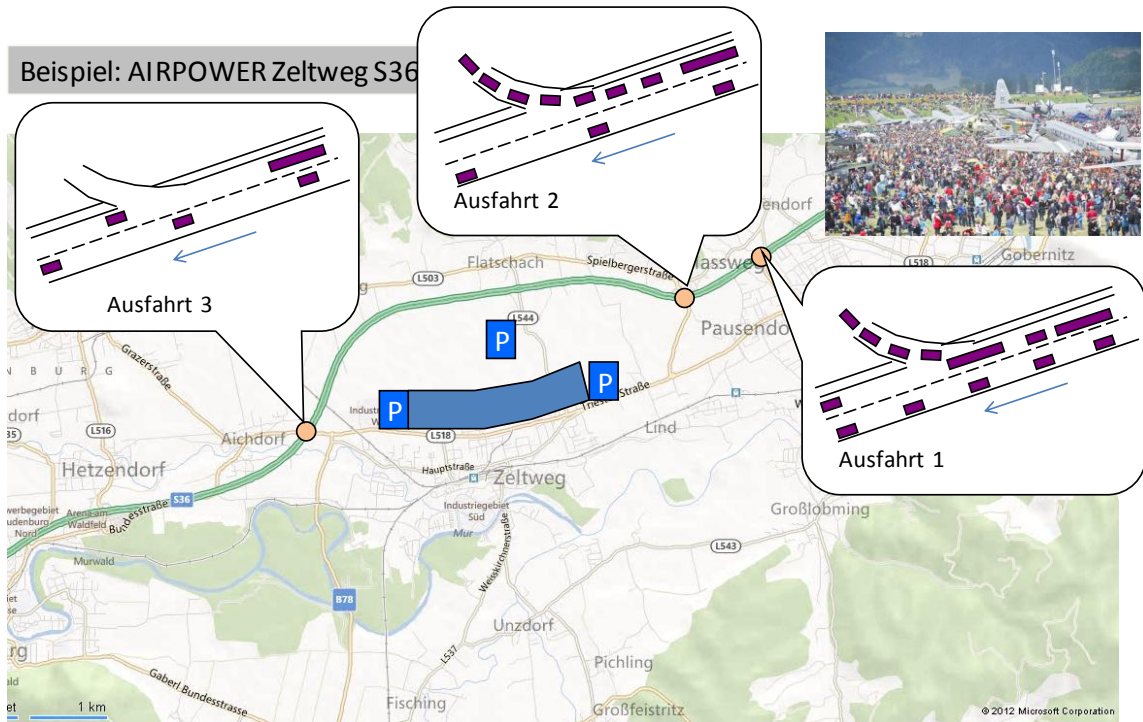


Abb. 13: Einsatzszenario 3: Großveranstaltung – Verkehrszustand im Ereignisfall
 Quelle: eigene Darstellung; Hintergrundgraphik: Bing; Foto: Kleine Zeitung

Beteiligte Personen / Organisationen

Die Tabelle zeigt die Beteiligten bei Großereignissen und deren Aufgaben.

Beteiligter	Tätigkeit / Aufgabe	Relevanz für VMS
Verkehrsteilnehmer	Staumeldung ²⁷ an Leitstelle	
Polizei	Überwachung und Absicherung Beseitigung von Störungs- und Gefahrenstellen Aufnahme von Verkehrsunfällen Lenkung des Verkehrs – Entscheidung über Ausweichroute Weiterleitung von Meldungen an Verkehrszentrale	VMS als Informationsquelle - Einsatzzentrale

²⁷ Haupteinsatzgebiet eines mobilen VMS stellen Streckabschnitte ohne VBA dar, Einrichtungen zur automatischen Detektion von Staufällen sind daher nicht vorhanden.

Rettungsdienst und Feuerwehr	Notfallrettung / Krankentransport Retten und Schützen von Menschen und Tieren Löschen von Sachwerten	VMS als Informationsquelle – An- bzw. Abfahrt
Private Ordnerdienste (Veranstalter)	Weitergabe von Information an Verkehrsteilnehmer: Alternativrouten etc. bzw. Verkehrslenkung vor Ort Weiterleitung von Meldungen an Verkehrszentrale	
Straßenmeisterei ASFINAG ²⁸	Koordinierung Einsatz – Einsatzleitung vor Ort Beseitigung von Störungs- und Gefahrenstellen Koordinierung von Meldungen an Verkehrszentrale Wiederherstellung	Teil eines VMS Systems
Verkehrszentrale ASFINAG ²⁹	Koordinierung Einsatz – Einsatzleitung Zentrale Koordinierung von Meldungen Einleitung Verkehrsmanagementmaßnahmen Weitergabe von Meldungen TMC, Rundfunk etc.	Teil eines VMS Systems

Tab. 11: : Einsatzszenario 3: Großveranstaltung – Beteiligte im Ereignisfall

Quelle: eigene Darstellung

Ablauf des Ereignisses im bestehenden Verkehrsmanagement

Verkehrsgeschehen / Ablauf	Verfügbarkeit / Einschränkungen	Verkehrsmanagement
bei Verkehrsaufkommen unter der Kapazitätsgrenze bei den Zufahrten – geringfügige Einschränkungen (Erhöhung Reisezeit)	Parkplatzfüllung Verkehrsaufkommen	Überwachung des Zustandes: Sammlung von Einzelmeldungen – Ableitung eines Bilds für den Verkehrszustand
Parkplätze im Nahbereich des Veranstaltungsortes füllen sich		Meldung von Stauerscheinungen an die Zentrale; Einsatzzentrale - Verkehrsmeldung (Radio, TMC) - Information an
bei Verkehrsaufkommen über der Kapazitätsgrenze Bildung eines Rückstaus ausgehend	Sperre von Parkplätzen, Sperre	

²⁸ Beteiligung nur, wenn ASFINAG-Infrastruktur betroffen

²⁹ Beteiligung nur, wenn ASFINAG-Infrastruktur betroffen

von Zielparkplätzen bzw. Engstellen (Kreuzungen) Reaktion Verkehrsteilnehmer – Ausweichen auf Alternativroute Rückgang des Verkehrsaufkommens – Rückbildung des Staus bis zur Beginn der Veranstaltungen	von Zufahrtsrouten, Abfahrten von Autobahnen und Schnellstraßen	Verkehrsteilnehmer – Ausweichrouten – Information an Ordnerdienste - Sperre Meldung über Alternative Parkplatzmöglichkeiten und Alternative Verkehrsmittel (Fußwege, Shuttlebusse etc.)
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tab. 12: : Einsatzszenario 3: Großveranstaltung – Ablauf im Ereignisfall – nur Anreise
 Quelle: eigene Darstellung

Handlungsansatz für ein mobiles Verkehrsmanagement

Im Einsatzszenario Großveranstaltungen liegt der Schwerpunkt beim derzeitigen und zukünftigen Verkehrsmanagement der ASFINAG Rückstaubildungen von der untergeordneten Straßeninfrastruktur auf die hochrangige Verkehrsinfrastruktur zu vermeiden. Folgende Einflussgrößen kennzeichnen Großereignisse aus Sicht des ASFINAG Verkehrsmanagements:

- Umfang der Einschränkung der Verfügbarkeit der Verkehrsinfrastruktur im untergeordneten Straßennetz (Parkplätze und Zufahrtsstraßen)
- Verkehrsaufkommen über den Tages- und Wochenverlauf
- Verfügbarkeit Ersatzrouten (Dichte des Straßennetzes) und alternative Verkehrsmittel
- Verfügbarkeit der Information über Einschränkung der Verkehrsinfrastruktur und Ersatzroute (Wissen der Einsatzkräfte) und alternativer Verkehrsmittel

Strategie des Verkehrsmanagements	Maßnahmen des Verkehrsmanagements	beabsichtigte Wirkung
Stauaufbau auf Autobahn/Schnellstraße unterbinden Stauabbau beschleunigen	Sperre von Ausfahrten von Autobahnen und Schnellstraßen Ableitung von Teilen des KFZ-Verkehrs (Besucherverkehr) auf lokale/kleinräumige Alternativrouten Richtung Großveranstaltung	Stau auf Autobahnen und Schnellstraßen soll unterbunden werden Weiterer Stauaufbau auf untergeordnetem Straßen soll unterbunden werden. gezielte Lenkung des KFZ-Verkehrs (Besucherverkehr) auf Alternativroute mit

	Information (Besucherverkehr) über alternative Verkehrsmittel zur Anreise für den Restweg zur Veranstaltung Information über großräumige Alternativrouten (allgemeiner Verkehr)	ausreichender Kapazität. KFZ-Verkehr soll auf alternative Verkehrsmittel verlagert werden, Kapazitätsengpässe im untergeordneten Straßennetz soll unterbunden werden.
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tab. 13: : Einsatzszenario 3: Großveranstaltung – Strategien, Maßnahmen und Wirkung des Verkehrsmanagements

Quelle: eigene Darstellung

Das Verbesserungspotential eines mobilen Verkehrsmanagementsystems bei Großveranstaltung liegt in der örtlich und zeitlich gezielt einsetzbaren Information der KFZ-Lenker über mögliche lokale/kleinräumige Alternativrouten mit ausreichender Kapazität und/oder alternative Anreisemöglichkeiten – alternative Verkehrsmittel. Ziel ist es zur Rückstauvermeidung auf Autobahn/Schnellstraße vor Erreichen der maximalen Kapazität der untergeordneten Verkehrsinfrastruktur im Nahbereich der Autobahn/Schnellstraße KFZ-Lenker, die in Richtung Großveranstaltung unterwegs sind über die Möglichkeit zum Ausweichen zu informieren. Dies bedingt, dass

- die Einsatzleitung über den Verkehrszustand (Qualität des Verkehrsablaufs) im Bereich von Ausfahrten informiert ist und dass
- die Information über Alternativen (Routen/Verkehrsmittel) vor Ort vermittelt werden kann.
- Zusätzlich sind Informationen über den Verkehrsaufkommen auf unmittelbaren Anfahrtsrouten zu den Großveranstaltungen sinnvoll aber für den „Minimaleinsatzfall“ eines mobilen VMS nicht zwingend erforderlich.

3.1.4 strategische Überwachung neuralgischer Streckenabschnitte und Schnittpunkte

Neuralgische Streckenabschnitte und Neuralgische Schnittpunkte im Straßennetz kommen annähernd regelmäßig im jahreszeitlichen Verlauf durch erhöhtes Verkehrsaufkommen an ihre Kapazitätsgrenzen. Dies geschieht z.B. regelmäßig zu Ferienbeginn durch erhöhtes Verkehrsaufkommen im Urlaubsverkehr feststellbar. Insbesondere bei Straßenabschnitten, die im „Normalverkehr“ kaum oder keine Kapazitätsüberschreitungen aufweisen ist die Installation stationärer Verkehrsbeeinflussungsanlagen wirtschaftlich nicht vertretbar.

Als neuralgisch bezeichnet man Streckenabschnitte z.B. mit wechselnden Querschnitten besonders mit Reduktionen der Fahrstreifenanzahl und Schnittpunkte im Übergang von Straßen mit großem Querschnitt und hoher erlaubter Geschwindigkeit auf niederrangige Straßen mit geringerem Querschnitt und geringeren Geschwindigkeiten.

Einsatzszenario 4: Geplantes Ereignis – neuralgische Abschnitte

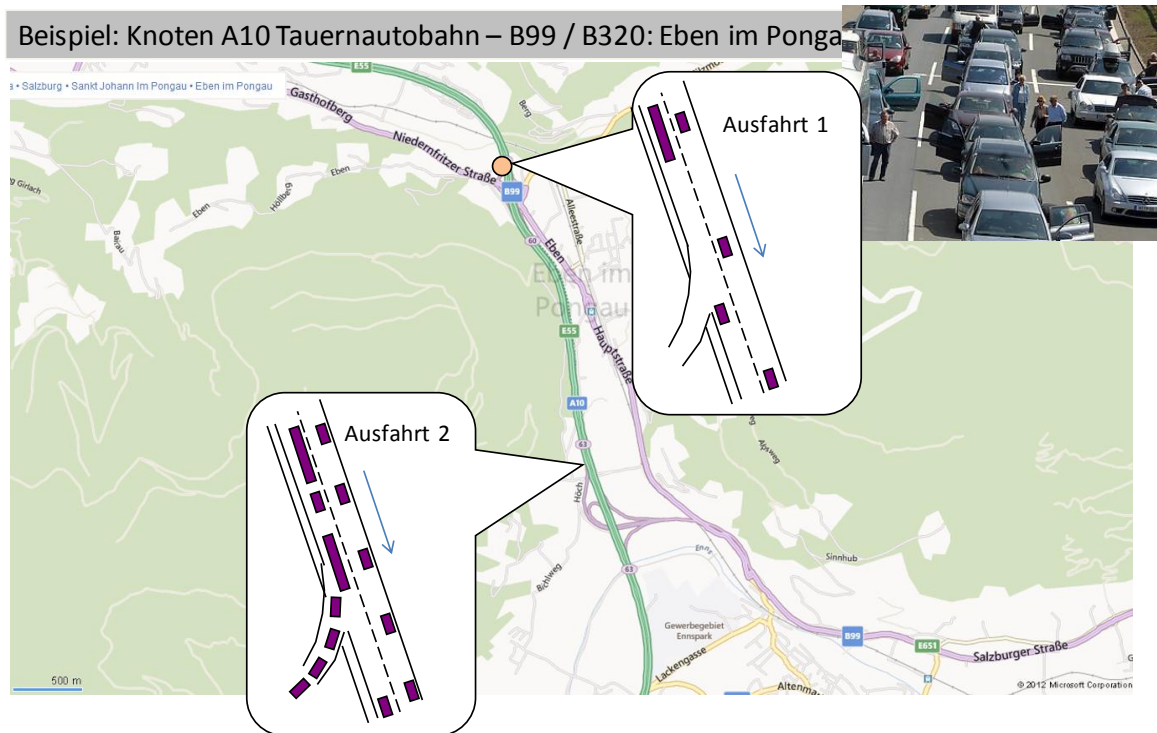


Abb. 14: Einsatzszenario 4: Neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Verkehrszustand im Ereignisfall

Quelle: eigene Darstellung; Hintergrundgraphik: Bing; Foto: autoblog

Beteiligte Personen / Organisationen

Tabelle zeigt die Beteiligten bei Unfällen und deren Aufgaben.

Beteiligt	Tätigkeit / Aufgabe	Relevanz für VMS
Verkehrsteilnehmer	Staumeldung ³⁰ an Leitstelle	
Polizei	Überwachung und Absicherung Beseitigung von Störungs- und Gefahrenstellen	VMS als Informationsquelle -

³⁰ Haupteinsatzgebiet eines mobilen VMS stellen Streckabschnitte ohne VBA dar, Einrichtungen zur automatischen Detektion von Stauerscheinungen sind daher nicht vorhanden.

	Lenkung des Verkehrs – Entscheidung über Ausweichroute Weiterleitung von Meldungen an Verkehrszentrale	Einsatzzentrale
Straßenmeisterei	Unterstützung vor Ort der Einsatzleitung Beseitigung von Störungs- und Gefahrenstellen Koordinierung von Meldungen an Verkehrszentrale	Teil eines VMS Systems
Verkehrszentrale ASFINAG	Koordinierung Einsatz – Einsatzleitung Zentrale Koordinierung von Meldungen Einleitung Verkehrsmanagementmaßnahmen Weitergabe von Meldungen TMC, Rundfunk etc.	Teil eines VMS Systems

Tab. 14: Einsatzszenario 4: Neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Beteiligte im Ereignisfall

Quelle: eigene Darstellung

Ablauf des Ereignisses im bestehenden Verkehrsmanagement

Verkehrsgeschehen / Ablauf	Verfügbarkeit / Einschränkungen	Verkehrsmanagement
<p>bei Verkehrsaufkommen unter der Kapazitätsgrenze im neuralgischen Streckenabschnitt bzw. Schnittpunkt – keine Einschränkungen</p> <p>bei Verkehrsaufkommen über der Kapazitätsgrenze, „zähes“ – stauanfälliges Verkehrsaufkommen bis zur Bildung eines Rückstaus ausgehend von den engeren Querschnitten</p> <p>Reaktion Verkehrsteilnehmer – Ausweichen auf Alternativroute</p> <p>Rückgang des</p>		<p>Meldung von Stauerscheinungen an die Zentrale; Einsatzzentrale - Verkehrsmeldung (Radio, TMC) - Information an Verkehrsteilnehmer – Ausweichrouten</p> <p>Meldung des Endes der Stauerscheinungen an die Zentrale; Aufhebung der</p>

Verkehrsaufkommens – Rückbildung des Staus bis zur Auflösung des Staus		Aletrnavivroutenempfehlung
------------------------------------------------------------------------------	--	----------------------------

Tab. 15: Einsatzszenario 4: Neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Ablauf im Ereignisfall

Quelle: eigene Darstellung

Handlungsansatz für ein mobiles Verkehrsmanagement

Im Einsatzszenario neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte liegt der Schwerpunkt beim derzeitigen und zukünftigen Verkehrsmanagement der ASFINAG Rückstaubildungen von der Engstellen / Übergangsstellen auf die hochrangige Verkehrsinfrastruktur zu vermeiden. Folgende Einflussgrößen kennzeichnen neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte aus Sicht des ASFINAG Verkehrsmanagements:

- Umfang der Einschränkung der Verfügbarkeit der Verkehrsinfrastruktur im neuralgischem Streckenabschnitt bzw. Schnittpunkt (Querschnitte und Geschwindigkeiten)
- Verkehrsaufkommen über den Tages- und Wochenverlauf
- Verfügbarkeit Ersatzrouten (Dichte des Straßennetzes)
- Verfügbarkeit der Information über Einschränkung der Verkehrsinfrastruktur und Ersatzroute (Wissen der Einsatzkräfte)

Strategie des Verkehrsmanagements	Maßnahmen des Verkehrsmanagements	beabsichtigte Wirkung
Stauaufbau unterbinden Stauabbau beschleunigen	Ableitung von Teilen des KFZ-Verkehrs (z.B. Schwerverkehr) auf lokale/kleinräumige Alternativrouten Information über großräumige Alternativrouten	Teile des KFZ-Verkehrs (z.B. Schwerverkehr) vor Entscheidungsmöglichkeit zu Alternativroute über untergeordnete Straßennetz soll zur Wahl einer lokalen/kleinräumigen Alternativroute motiviert werden. KFZ-Verkehr vor Entscheidungsmöglichkeit zu Alternativroute über Autobahn- und/oder Schnellstraßennetz

		soll zur Wahl einer großräumigen Alternativroute motiviert werden.
--	--	--------------------------------------------------------------------

Tab. 16: Einsatzszenario 4: Neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Strategien, Maßnahmen und Wirkung des Verkehrsmanagements

Quelle: eigene Darstellung

Das Verbesserungspotential eines mobilen Verkehrsmanagementsystems bei Neuralgischen Streckenabschnitte und Schnittpunkte liegt in der rechtszeitigen (zeitlich und örtlich) Information der KFZ-Lenker über mögliche lokale/kleinräumige Alternativrouten. Ziel ist es zur Rückstauvermeidung auf Autobahn/Schnellstraße vor Erreichen der maximalen Kapazität der untergeordneten Verkehrsinfrastruktur im Nahbereich der Autobahn/Schnellstraße KFZ-Lenker, die in Richtung neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte unterwegs sind über die Möglichkeit zum Ausweichen zu informieren. Dies bedingt, dass

- die Einsatzleitung über das Verkehrsaufkommen (Höhe des Verkehrsaufkommens) und den Verkehrszustand (Qualität des Verkehrsablaufs) vor den neuralgischen Streckenabschnitten und Schnittpunkten informiert ist und dass
- die Information vor Ort vermittelt werden kann.
- Zusätzlich sind Informationen über den Verkehrszustand (Verkehrsablauf) im Bereich des neuralgischen Streckenabschnitts sinnvoll aber für den „Minimaleinsatzfall“ eines mobilen VMS nicht zwingend erforderlich.

3.2 technisch-wissenschaftlichen Lösungsansätze - Methoden

3.2.1 Informationserfordernis

In Abhängigkeit der Entwicklungsszenarios stehen bei einem Verkehrsmanagementsystems unterschiedliche Informationen und Kenngrößen des Verkehrsaufkommens im Mittelpunkt der Abwägung und Entscheidung. Im Folgenden wird die Bedeutung verschiedener Information/Informationsquellen für die Abwägung und Entscheidung je Einsatzszenario abgeschätzt.

Information	Informationsquelle	Bedeutung je Einsatzszenario			
		Unfall	Bau- stelle	Groß- veran- staltung	Neuralgi- scher Abschn.
Ablauf der Ereignisse vom Ereignisort	Videobild / Anzeigegröße	■■■	■■	■■■	■■■
Ablauf des Verkehrsablauf unmittelbar vor m Ereignisort	Videobild / Anzeigegröße	■■■	■■■	■	■
Geplantes Vorgehen	Gespräch / Telefonat mit Einsatzleiter vor Ort	■■■	□	■■■	□
Dauer des Ereignisses	Gespräch / Telefonat mit Einsatzleiter vor Ort	■■■	□	■	□
Geschwindigkeit	Messung	■	■	□	■■
Reisezeit	Messung	■	■	□	■
Zeitverlust	Messung / Berechnung	■■	■■	□	■■
Anzahl der Fahrzeuge je Zeiteinheit (im Vorlauf zum Ereignisort)	Messung	■	■■■	■■	■■■
Fahrzeugkategorie	Messung	□	□	□	□
Verkehrsbeziehung O-D	Messung / Berechnung	□	□	■	■
Alternativroutenempfehlung	Anzeigedisplay / Anzeigegröße	■■■	■■■	■■■	■■■

■■■ hohe Bedeutung ■■ mittlere Bedeutung ■ geringe Bedeutung
 □ keine Bedeutung

Tab. 17: Informationen und Informationsquellen je Einsatzszenario

Quelle: eigene Darstellung

Unter Messgrößen werden Kennwerte verstanden, die eine quantitative Beschreibung des Verkehrszustandes und/oder Verkehrsablaufs ermöglichen. Für Messgrößen können Schwellwerte entwickelt werden, die Einsatzgrenzen vorformulierter Verkehrsmanagement-Maßnahmen darstellen. Im Folgenden erfolgt die Abschätzung der

Bedeutung der Messgrößen als Entscheidungsgröße für Maßnahmen im Verkehrsmanagement.

Nr	Messgröße	Beschreibung	Bedeutung
1	Verkehrsstärke	Fahrzeuge je Zeiteinheit: entweder Gesamtquerschnitt oder Einzelfahstreifen: bei Überschreitung vordefinierter Schwellwerte wird Disponent informiert – kann als (indirekter) Indikator für Stau bzw. Zur Beschreibung/Definition des Stauzustandes herangezogen werden	■■■
2	Geschwindigkeit	Geschwindigkeit als Mittel aller (erfassbaren) Fahrzeuge mit Bezug Gesamtquerschnitt oder einzelner Fahstreifen: kann Beurteilung des Verkehrszustands erleichtern	■■
3	Reisezeit / Verlustzeit	Zeitdauer für die Fahrt zwischen zwei definierten Querschnitten; bei Vergleich mehrerer Messungen kann Auskunft über Verlustzeiten gegeben werden: diese stellen den zeitlichen Unterschied zwischen einer Fahrt ohne und mit Beeinflussung durch hohes Verkehrsaufkommen dar: kann zusätzlich Beurteilung des Verkehrszustands erleichtern	■
4	Rückstaulänge	Länge des Rückstaus vor einer durch z.B. einen Unfall oder einer Baustelle erzwungenen Engstelle; die Staulänge ist als Folge zu geringer Kapazität der Straßen insbesondere für die Straßenverkehrsnutzer als Orientierungsgröße zu sehen. Sie unterliegt permanenten Veränderungen. Für das Verkehrsmanagement sind Staulängen zur Abschätzung der Verlustzeit von Interesse.	■
5	Fahrzeugkategorie	Anzahl / Anteil von Fahrzeugen bestimmter	□

		Länge, Größe, Art etc. – Zusammensetzung des Verkehrs: zur Beurteilung des Verkehrszustands irrelevant	
6	Verkehrsbeziehung O-D	Anzahl der Fahrzeuge je Verkehrsrelation, also zwischen einem definierten Ausgangspunkt und einem Zielpunkt. Da aus diesem Messwert keine Auskunft über den Verkehrszustand ableistbar ist, stellt er für das angedachte Verkehrsmanagementsystem eine irrelevante Größe dar.	□

■■■ hohe Bedeutung ■■ mittlere Bedeutung ■ geringe Bedeutung
 □ keine Bedeutung

Tab. 18: Messgrößen und ihre Bedeutung

Quelle: eigene Darstellung

Anzeigegrößen

Unter Anzeigegrößen werden Informationen verstanden, die eine qualitative Beschreibung des Verkehrszustandes und/oder Verkehrsablaufs ermöglichen. Dazu zählen Videobild und Anzeigetext mit oder ohne Graphiken. Im Folgenden erfolgt die Abschätzung der Bedeutung der Anzeigegrößen als Entscheidungsgröße für Maßnahmen im Verkehrsmanagement.

Nr	Anzeigegröße	Beschreibung	Bedeutung
1	Videobild	Bild einer fernsteuerbaren Kamera zur Erfassung und Einschätzung der Situation sowohl der Problemstelle als auch des Vorlaufs (Strecke vor dem Ereignispunkt)	■■■
2	Anzeigetext	Stellt eigentlich keine Entscheidungsgröße für das Verkehrsmanagement dar, ist als Informationsschnittstelle zu den Verkehrsteilnehmern von Bedeutung	■■■

■■■ hohe Bedeutung ■■ mittlere Bedeutung ■ geringe Bedeutung
 □ keine Bedeutung

Tab. 19: Anzeigegrößen und ihre Bedeutung

Quelle: eigene Darstellung

Zusammenfassung

Über alle vier betrachteten Einsatzszenarien stellen

- die Anzeigegröße – Videobild als Informationsquelle für qualitative Informationen des Disponenten,
- die Messung als Informationsquelle für quantitative Information (Anzahl der Fahrzeuge je Zeiteinheit und optional Geschwindigkeit) und
- die Anzeigegröße – Anzeigedisplay als Informationsquelle für qualitative Informationen der Verkehrsteilnehmer

die bedeutendsten Informationsquellen für eine (mobiles) Verkehrsmanagementsystem dar. Unter den Messgrößen stellt die Verkehrsstärke die bedeutendste Messgröße dar, da

- die Verkehrsstärke eine relativ einfach messbare Größe darstellt,
 - ein Messquerschnitt ist erforderlich
- die Verkehrsstärke eine gut fassbare und vergleichbare Messgröße darstellt,
 - beschreibt die Menge von KFZ, die den Querschnitt passiert
 - hat einen eindeutigen Bezug zu Kapazität / Leistungsfähigkeit in Zusammenhang mit dem betrachteten Straßenquerschnitt,
 - ist mit Hilfe von vordefinierten Schwellwerten gegenüberstellbar

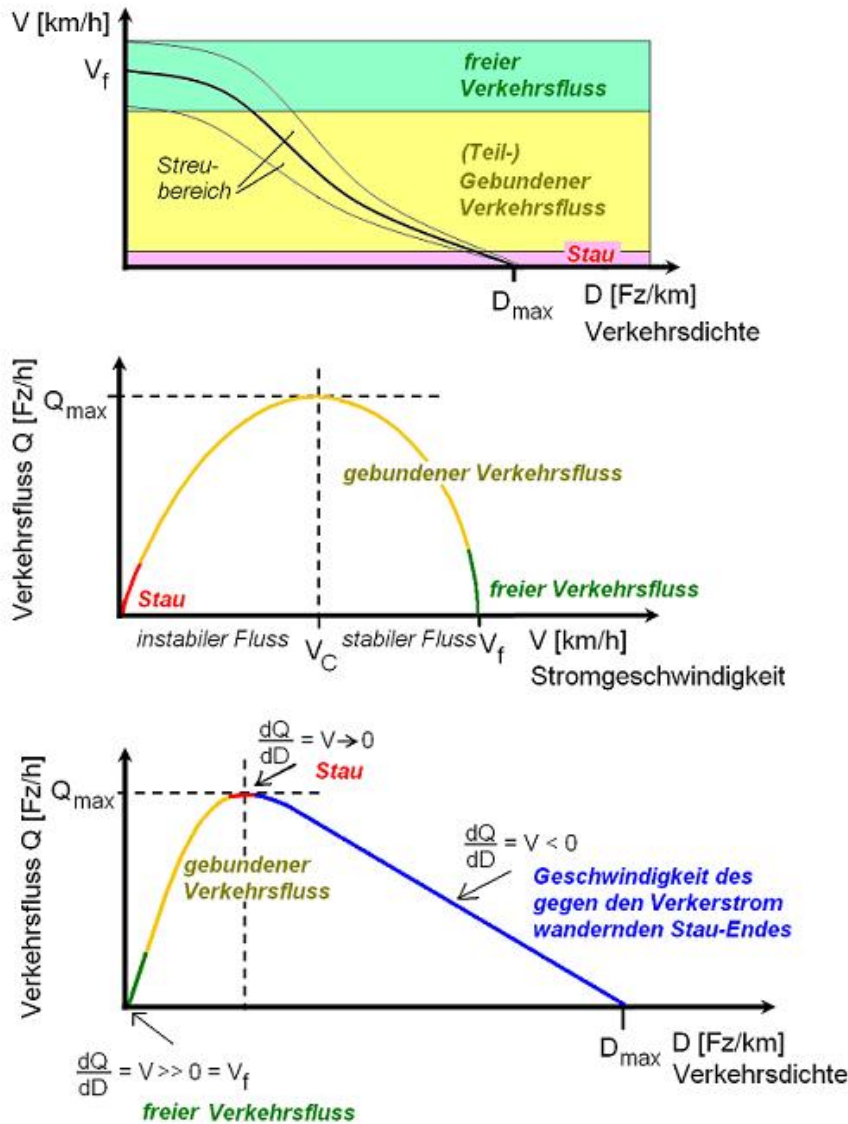
Entsprechend der Grundlagenforschung im Verkehrswesen ist ein Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke, Verkehrsdichte und Geschwindigkeit festmachbar (Fundamentaldiagramm). Dieser besagt, dass ein und dieselbe Verkehrsstärke mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten abführbar ist. Somit stellt die Messgröße Geschwindigkeit eine zweite bedeutende Messgröße dar, mit deren Hilfe eine gemessene Verkehrsstärke besser eingeordnet und der Zustand des Verkehrs eindeutiger beurteilt werden kann.

Fundamentaldiagramm des Verkehrsflusses

Ansatz: Zustandsgleichung des Verkehrsflusses

Abb.: Hendrik Ammoser, Fakultät Verkehrswissenschaften "Friedrich List" Dresden

$$Q = D \cdot V$$



V_f = "freie Geschwindigkeit" - bei leerer Fahrbahn durch den Fahrer frei wählbare Geschwindigkeit in Abhängigkeit von Fahrbahnzustand, Fahrzeuleistung, Fahrcharakteristik des Fahrers

V_C = Geschwindigkeit der höchsten Abschnittskapazität, bei der die meisten Fahrzeuge den Abschnitt passieren können (etwa 70...100 km/h)

Abb. 15: Fundamentaldiagramm

Quelle: Ammoser H.: Fundamentaldiagramm des Verkehrsflusses, 2006.

Die weitere Mess- bzw. Rechengröße zur Beurteilung des Verkehrsablaufs und zur besseren Einschätzung der Qualität des Verkehrsablaufs stellt die „Verkehrsdichte“ dar.

Diese bezeichnet die Anzahl der KFZ, die sich zu einem Zeitpunkt auf einem vordefinierten Messabschnitt befinden. Daher eignet sich die direkte Messung der Verkehrsdichte nicht für den Einsatz

3.2.2 Technischer Lösungsansatz

Für die Ermittlung der Anzeige- und Messgrößen stehen folgende häufig eingesetzte Sensor-Technologien zur Verfügung:

Nr	Sensoren	Vor- und Nachteile des Sensors als Informationsquelle		
		Anzeigegröße Videobild	Messgröße Verkehrsstärke	Messgröße Geschwindigkeit
1	Drucksensoren	-	+ einfache Installation - bei mobilen Einsatz liegt Messschlauch auf der Fahrbahn – nur kurzzeitiger Einsatz möglich	+ prinzipiell einsetzbar - mehrere definierte Messquerschnitt erforderlich: geringe Genauigkeit
2	Induktionsschleifen	-	+ verlässliche Detektion im Einschleifenprinzip - muss in Decke eingeschnitten werden	+ verlässliche Detektion im Doppelschleifenprinzip - muss in Decke eingeschnitten werden
3	Magnetfeldsensoren	-	+ einfache Installation - keine Onlineverfügbarkeit der Daten	+ einfache Installation - keine Onlineverfügbarkeit der Daten
4	Lichtschranken	-	+ robuster Sensor - Schwierigkeiten bei parallel fahrenden KFZ	+ robuster Sensor - Schwierigkeiten bei parallel fahrenden KFZ
5	Infrarotsensoren	-	+ flexibler Sensor:	+ flexibler Sensor:

			kann alle Wärmequellen getrennt detektieren - große Ungenauigkeiten	kann alle Wärmequellen getrennt detektieren - große Ungenauigkeiten
6	Ultraschallsensoren	-	+ robuster Sensor - Schwierigkeiten bei parallel fahrenden KFZ	+ robuster Sensor - Schwierigkeiten bei parallel fahrenden KFZ
7	Radar	-	+ robuster Sensor - Schwierigkeiten bei parallel fahrenden KFZ	+ robuster Sensor - Schwierigkeiten bei parallel fahrenden KFZ
8	Laser	-	+ verlässliche Detektion in einer Ebene (z.B. bei Rotationslaser) - Schwierigkeiten bei Abschattung durch KFZ bei Erkennung dahinterligender KFZ	+ verlässliche Detektion in einer Ebene (z.B. bei Rotationslaser) - Schwierigkeiten bei Abschattung durch KFZ bei Erkennung dahinterligender KFZ
9	Video	+ Videobild als einzige bildgebende Informationsquelle - hohe Anforderung an Datenübertragung	+ Mehr Information als nur Messung - aufwendige Bildverarbeitung vor Ort (Ausrüstung vor Ort)	+ Mehr Information als nur Messung - aufwendige Bildverarbeitung vor Ort (Ausrüstung vor Ort) - Bild-Kalibrierung jedenfalls erforderlich
10	Bluetooth	-	+ einfache Handhabung - Erfassung nur von eingeschalteten Geräten mit Bluetooth – Hochrechnung	+ einfache Handhabung - Erfassung macht zweiten Sensor erforderlich

			erforderlich (Zusatzinformation eines zweiten Sensors erforderlich)	
--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------	--

Tab. 20: Sensoren – Vor- und Nachteile als Informationsquelle von Anzeige- und Messgrößen

Quelle: eigene Darstellung

3.3 Technischer Lösungsansatz MSdek-VMS

Als Ergebnis der Vorstellungen und Zielsetzungen der ASFINAG kann festgehalten werden, dass die Anforderungen an das zu entwickelnde mobile VMS sich auf folgende Kernpunkte bezieht:

- Möglichst einfaches und praktikables System
- Zuverlässige Detektion
- Ableitbarkeit von Verkehrsmanagementempfehlungen und
- zeitgerechte Bereitstellung von Information an der Strecke (auch über mögliche Ausweichrouten), die für Kunden verständliches System

Aus den Einsatzszenarien ergeben sich folgende Anforderungen für eine „Minimaleinsatz“:

- Unfall: Einsatzleitung benötigt Bildinformation vom Zustand an der Unfallstelle.
- Baustelle: Einsatzleitung benötigt als Beurteilungsgröße das Verkehrsaufkommen (Höhe des Verkehrsaufkommens) und den Verkehrszustand (Qualität des Verkehrsablaufs) vor der Baustelle -> Bild- und Messinformation.
- Großveranstaltungen: Einsatzleitung benötigt Bildinformation über den Verkehrszustand (Qualität des Verkehrsablaufs) im Bereich von Ausfahrten.
- Neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte: Einsatzleitung benötigt als Beurteilungsgröße das Verkehrsaufkommen (Höhe des Verkehrsaufkommens) und den Verkehrszustand (Qualität des Verkehrsablaufs) vor den neuralgischen Streckenabschnitten und Schnittpunkten -> Bild- und Messinformation.
- Anzeigentafel muss vor der letzten Auffahrt in Fahrtrichtung vor dem Ereignisort installiert sein, die über eine Alternativroute/Alternativangebot verfügt.

Um mit möglichst geringem Aufwand die formulierten Anforderung bewältigen zu können, ist das mobile Verkehrsmanagementsystem mit einer möglichst geringen Anzahl von

Sensoren, die sowohl Bild- als auch Messinformation verarbeiten können, zu konzipieren.
Es wird folgender technischer Lösungsansatz gewählt:

Betrachtung der Situation vor Ort:

- Schwenk/Neige/Zoom Kamera

Ermittlung der Messgrößen

- Schwenk/Neige/Zoom Kamera
- Zusätzlich Hard- und Software-Komponente zur Bildanalyse und –auswertung

Anzeige von Informationen vor Ort

- Mobile Anzeigetafel

Konzeption und Umsetzungsweg des Lösungsansatzes in den folgenden Kapiteln.

4 KONZEPTION UND SYSTEMAUFBAU DES VMS

Für alle nachfolgend beschriebenen Funktionalitäten wurden diverse am Markt erhältliche Komponenten herangezogen und getestet. Diese Komponenten stehen beispielhaft für eine Geräteklasse und sind nicht zwingend Voraussetzung für die Funktionalität des Systems. Über eine endgültige Einsatzzulassung eines bestimmten Gerätes kann zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Angabe gemacht werden.

4.1 Systemaufbau

Das Verkehrsmanagementsystem gliedert sich in seinem technischen Aufbau in vier Bereiche, die in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben werden. Dieser Systemaufbau ermöglicht eine sehr hohe Flexibilität bei der Anpassung des VMS an die verschiedensten Einsatzszenarien. Grundsätzlich wurde besonderer Wert darauf gelegt, mit am Markt möglichst weit verbreiteten Teilkomponenten zu arbeiten. Dies ermöglicht in weiterer Folge eine vereinfachte und standardisierbare Ausschreibung eines Großteiles der budgetintensiven Teilkomponenten.

Aktive Komponenten:

- **Verkehrszustand-Sensor (VZ- Sensor):**
Ermöglicht die Betrachtung einer Situation in der ASFINAG Einsatzzentrale über eine hochauflösende Schwenk/Neige/Zoom Kamera vor Ort. Die Bedienung und Verkehrsbeobachtung erfolgt in der ASFINAG Einsatzzentrale.
- **Verkehrsaufkommens-Sensor (VA-Sensor):**
Ermittelt Verkehrsaufkommensdaten anhand einer Fahrzeugzählung über Video-Bilder (optional auch Geschwindigkeitsermittlung und Berechnung der Reisezeit) und ermöglicht auch gleichzeitig die Beobachtung des Verkehrsflusses. Die Sensorfeinjustierung und Verkehrsbeobachtung erfolgt über die ASFINAG Einsatzzentrale.
- **Anzeige- und Informationssystem:**
LED-Displays dienen zur Information und Verkehrsbeeinflussung. Diese werden von der ASFINAG Einsatzzentrale aus mit Informationen beschickt und können so direkten Einfluss auf das Verkehrsgeschehen nehmen.

Passive Komponenten:

- DFÜ: Über eine mobile Datenverbindung erfolgt der Datentransfer von Bild und Verkehrsaufkommensdaten in die Einsatzzentrale. Von dort aus erfolgt die Steuerung der Kameras sowie der Anzeigesysteme.
- Stromversorgung: Je nach Einsatzszenario werden Akku-Einheiten, Stromerzeuger oder andere Stromquellen zum Betrieb der aktiven Komponenten genutzt.
- Montage- und Schutzvorrichtungen: Diese Elemente dienen dazu, die erforderliche Montagehöhe zur Verkehrszustands- und Verkehrsaufkommensbegutachtung zu erreichen und entsprechend zu sichern.

Basis Komponenten

Als Basis Komponenten werden all jene Elemente bezeichnet, die das Fundament zum Aufbau der Sensorik schaffen. Besonderen Wert wurde auf die unterschiedlichen Montagemöglichkeiten gelegt, welche auf die verschiedenen örtlichen Gegebenheiten abgestimmt werden können.

Zentrale

Die Steuerung, Kalibrierung und Beeinflussung der aktiven Komponenten erfolgt über eine zentrale Administrationssoftware, die je nach Einsatz individuell mit Sensorik und Anzeigesysteme bestückt werden kann. So ist es möglich sehr flexibel und schnell ein benötigtes Einsatzszenario zusammenzustellen und auch mehrere Situationen gleichzeitig zu bearbeiten.

4.1.1 Aktive Komponenten

Die aktiven Komponenten umfassen die Video-Sensorik zur Verkehrsbeobachtung und zur Verkehrsaufkommensmessung, sowie die Anzeigesysteme zur Information und Verkehrsbeeinflussung.

Verkehrszustand / VZ-Sensor

Eine Grundvoraussetzung des VZ-Sensors ist die Schwenk / Neige / Zoom - Möglichkeit über eine Einsatzzentrale. Der Sensor muss Wetter und Witterungsbeständig sein, sowie ein geeignetes Bildübertragungsformat aufweisen. Auf eine leichte Montierbarkeit wurde ebenso Wert gelegt, wie darauf, dass es sich bei dem zum Einsatz kommenden Sensor,

wie bei dem weiterführend exemplarisch verwendeten Beispiel, um ein Standardprodukt handelt.

Bei der Auswahl des für den Videosensor optimal geeigneten Kamerasystems, wird in dieser Machbarkeitsstudie aufgrund der langjährigen Erfahrung im Bereich der digitalen Videotechnik des Konsortialpartners NorthBridge IT Solutions GmbH, exemplarisch eine AXIS PTZ Dome Kamera³¹ verwendet.

Die 3,5 kg schwere AXIS Q6035-E PTZ (Schwenk/Neige/Zoom) Dome Kamera bietet HDTV Bildqualität mit einer Auflösung von 1920x1080 Pixel und verfügt über eine Objektivbrennweite von 4,7 bis 94mm, was einem 20x optischem Zoom entspricht. Die hohe Lichtempfindlichkeit von 0,8 Lux bietet auch bei schlechten Lichtverhältnissen und bei Nacht sehr gute Bildqualität. Die Kamera verfügt über die Schutzklassenzertifizierung IP 66. Zusätzlich bietet die Kamera einen breiten Einsatztemperaturbereich von -40° bis +50° Celsius.

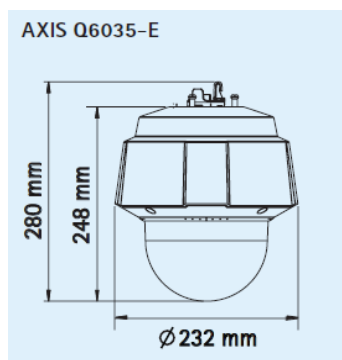


Abb. 16: AXIS Q6035-E PTZ Dome Kamera

Quelle: Axis Communications AB. (Hrsg.): AXIS Q6035 E, 2012.

Verkehrsaufkommen / VA-Sensor

Als Kamerasensor kommt exemplarisch wiederum die AXIS Q6035-E zum Einsatz. Diese wird zusätzlich zur Versorgungsbox (siehe Passive Komponenten) im Einsatz als VA-Sensor, mit einer Outdoor Recheneinheit verbunden. Diese einfache Erweiterung des VZ-Sensors zum VA-Sensor ermöglicht eine bedarfsorientierte Anschaffung der Sensorik.

Bei der Recheneinheit kommt ein Industrie PC (z.B. Marke LEC Type 2026) zum Einsatz. Der sich schon in zahlreichen Projekten als äußerst zuverlässig und einsatzstark etablierte LEC-2026 verfügt über einen besonders energieeffizienten Intel Atom

³¹ Axis Communications AB. (Hrsg.): Datenblatt AXIS Q6035, 2012.

Prozessor. Das lüfterlose und somit wartungsfreie System, wird mit einem Solid State Disk Datenträger betrieben und ist für den Outdoor-Einsatz konzipiert.

Die Erkennungssoftware wird so programmiert, dass die Auswertung der Bilddaten in Echtzeit erfolgt und das Ergebnis des Verkehrsaufkommens in die Anzeige in der Zentrale miteingeblendet wird.

Geschützt wird diese Recheneinheit durch ein AXIS T98A18-VE Outdoor Gehäuse, welches für die Unterbringung von Recheneinheiten, Netzteilen und sonstigen systemrelevanten Komponenten entwickelt wurde. Dieses IP66 zertifizierte Gehäuse verfügt über zahlreiche Installationsmöglichkeiten und genormte Kabelzuführungen. Die Montage des Kamerasensors erfolgt direkt auf dem Gehäuse. Es bietet zuverlässigen Schutz gegen äußere Umwelteinflüsse und ist mit seinen Außenmaßen von 282mm x 361mm x 131mm (BxHxT) sehr kompakt und leicht im Handling.



Abb. 17: AXIS Q6035-E PTZ Dome Kamera montiert auf AXIS T98A-VE Outdoor Box

Quelle: Axis Communications AB. (Hrsg.): AXIS T98A-VE Surveillance Cabinet Series, 2012.



Abb. 18: LEC-2026 Industrie PC

Quelle: Lanner Electronics Inc. (Hrsg.): LEC-2026 data, 2012.

Funktionsweise der Verkehrsaufkommensmessung

Da für die Verkehrsaufkommensmessung nur die Zahl der Fahrzeuge zwingend benötigt wird, ist eine Realisierung dieses Anspruchs mittels Videodetektion ein sehr praktikabler Weg. Zum einen ermöglicht dies eine einfache Installation, auch bei mehreren Fahrstreifen, relativ simple Systemeinstellungen, die noch dazu zentral (vom Operator in der Verkehrsleitzentrale) durchgeführt werden können und zum anderen darüber hinaus auch noch eine visuelle Verkehrsbeobachtung über die Videokamera.

Die softwaretechnische Funktionsweise des Object tracking stellt sich wie folgt dar, diese Ergebnisse wurden im Rahmen des Projektes MSdek-plus (FFG-Basisprogramme) vom gleichen Konsortium entwickelt, die Anwendung erarbeitet und können (in evtl. abgewandelter Form) im VA-Sensor zum Einsatz kommen:

Hintergrunderkennung

Der erste Schritt im Object tracking bildet die Erkennung eines Hintergrundes, welcher zur Differenzbildung von aufeinanderfolgenden Bildern benötigt wird. Aufgrund dessen, dass ein eindeutiges Hintergrundbild kaum vorhanden sein wird, ist es notwendig den leeren Hintergrund zu berechnen.³² Die Ergebnisse sind auf nachfolgendem Bild demonstriert; das rechte Bild ist nicht real existent, sondern nur berechnet und bildet die Grundlage im anschließenden Subtraktionsverfahren im Object tracking.



Abb. 19: Umsetzung Hintergrundidentifizierung MRBM (Most Reliable Background Mode)

Quelle: eigene Darstellung

³² Yazho L., Hongxun Y., et al.: Nonparametric background generation, 2006.

Differenzbildung und Object tracking

Wenn ein Einzelbild vom Hintergrundbild subtrahiert wird, werden die – theoretisch - identischen Bildpunkte des Hintergrundbildes einen Nullwert liefern, die schwarze Punkte ergeben. Wo eine Abweichung feststellbar ist, entsteht ein Bildpunkt mit einem Farbwert ungleich 0.



Abb. 20: Differenzbild „Rohformat“

Quelle: eigene Darstellung

Auf dem Differenzbild – wie oben ersichtlich – sind die Objekte schon in Form von naheliegenden grauen Punkten – „Inseln“ – erkennbar. Um diese Punkte zu einem Objekt zuordnen zu können, werden durch Störungen entstandene Punkte – „kleine Inseln“ – entfernt. Von Frame zu Frame sind die Punkte des Hintergrundbildes auch nicht ident. Diese Differenz ist aber annähernd Schwarz. Um diese Störungen auch zu entfernen, wird eine Threshold-Methode eingesetzt.

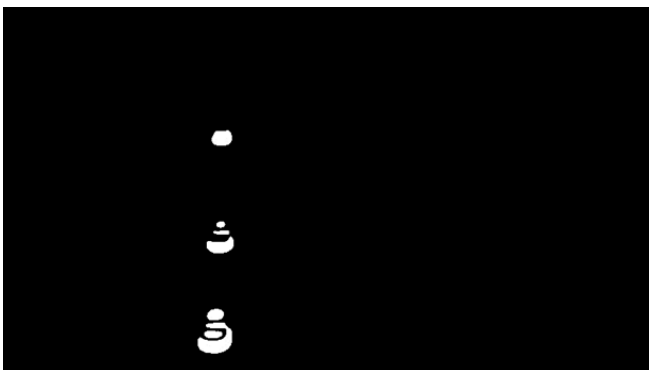


Abb. 21: Umwandlung des Differenzbildes in S/W und nach Bereinigung von Störungen

Quelle: eigene Darstellung

Die Fahrzeuge werden zur Kenntlichmachung mit Rechtecken markiert. In der folgenden Abbildung finden sich das Ausgangsbild und das Ergebnis die getrackten Objekte.



Abb. 22: Video: Umsetzung Object tracking

Quelle: Eigene Darstellung. [Video abrufen!](#) (Strg+Klicken)

Die getrackten Objekte (grüne Rechtecke) bilden die Grundlage für die Zählung des Verkehrs und die Bestimmung des Verkehrsaufkommens. Zur weiteren Plausibilisierung wird noch die Fahrstreifentrennung in die Software implementiert, sodass Fehler durch Abschattungseffekte deutlich reduziert werden können. Die Montage erfolgt im Innenbereich der Fahrbahntrennung auf Passiv- und Basiskomponenten, die Bildjustage (Schwenk/Neige/Zoom Kamera) erfolgt über die Zentrale in Inzersdorf.

Das fertige Ergebnis des Grundprinzips des Object tracking am Beispiel einer Autobahnaufnahme würde folgendermaßen aussehen. Von links nach rechts: Originalbild – errechneter Hintergrund – Differenzbildung und Tracking.



Abb. 23: Bildvergleich Ausgangsbild – Hintergrund – Ergebnis

Quelle: eigene Darstellung

Option Geschwindigkeitsmessung und Reisezeitbestimmung

Über die grundsätzlich gleiche Methodik lässt sich auch die Geschwindigkeit der durch ein Bild fahrendes Objekt berechnen bzw. die Durchschnittsgeschwindigkeit der Fahrzeuge pro Zeiteinheit ermitteln.

Voraussetzung dafür ist allerdings eine zusätzliche Kalibrierung in der Software, indem zusätzlich zum „Zählstrich“ ein weiterer in einem definierten Abstand befindlicher Kalibrierungsstrich gesetzt wird. Ermittelt wird softwaretechnisch die Zeit zwischen den Abständen und damit die Geschwindigkeit des Fahrzeuges. Dieser Kalibrierungsvorgang ist sehr einfach vom Operator in der Zentrale durchzuführen, indem die Orientierung an den definierten Längen und Abständen der Leitlinien erfolgt. Notfalls kann die Länge natürlich auch vor Ort gemessen werden und wird in die Software eingegeben.

Der geplante Sensor stellt eine hohe Variabilität im Gesamtsystem sicher (gleiche Kameras als VZ- und VA-Sensorik), ermöglicht sowohl Beobachtung, als auch Zählung, als auch die Geschwindigkeitsermittlung am Zählpunkt bzw. Zählquerschnitt und damit eine rechnerische Abschätzung der Reisezeiten und Staulängen.

Um die Verkehrsteilnehmer über die Baumaßnahmen gezielt informieren zu können und dabei auch Abschätzungen über prognostizierte Reisezeitverluste zu geben, muss eine Bewertung der zu erwartenden verkehrlichen Auswirkungen durch eine Prognose erfolgen. Dabei sind die zu erwartenden Staulängen und Verlustzeiten als Kenngrößen der Baumaßnahme vorzuberechnen (Engstellenanalyse).

Diese Informationen sind sowohl als Entscheidungsgrundlage für die Baustellenplanung, für die Verkehrssteuerung als auch als Grundlage für die Information der Verkehrsteilnehmer relevant.

Verfahrensprinzip: Im Rahmen einer modellbasierten Engstellenanalyse wird der zu erwartende Verlauf der Verkehrsnachfrage auf dem betrachteten Streckenelement der zu erwartenden Streckenleistungsfähigkeit gegenübergestellt. Die Prognose des Verkehrszustandes sowie die Ermittlung der zu erwartenden Stauentwicklung (Anzahl der Fahrzeuge im Stau sowie Ganglinie der Staulänge) resultiert aus einem Saldierungsmodell. Ein Warteschlangenmodell zur Ermittlung der Zeiteinheiten, die ein neuer Pulk braucht, um die Engstelle zu verlassen, leitet die Verlustzeitenganglinie her. Aufgrund statistischer Schwankungen sowohl in der zu Grunde liegenden Annahme über den Verlauf der Verkehrsnachfrage als auch in den angesetzten Leistungsfähigkeiten können auf der Basis weiterführender statistischer Analysen Eintrittswahrscheinlichkeiten für Verkehrsstörungen (spontane Ereignisse – Unfall) ermittelt werden. Auf Basis dieser Eintrittswahrscheinlichkeiten und vorzuziehender Grenzkriterien können Risikoanalysen durchgeführt werden. Die Unsicherheiten in der zu erwartenden Leistungsfähigkeit und der zu erwartenden Nachfrage definieren Szenarien, welche im Rahmen von

Szenarienanalysen zur Schadensbewertung von geplanten Engstellen ausgewertet werden.³³

Anzeigetool mit Übertragungsschnittstelle und Montagevorrichtung

Für die Anzeigesysteme zur Information und Verkehrsbeeinflussung kommen LED Anzeigetafeln zum Einsatz. Diese gibt es in verschiedenen Größen und Ausführungen, je nach Einsatzerfordernis. Einfache Anzeigen wie z.B. Stauwarnung oder Abfahrtsempfehlungen können über eine monochrome LED Anzeigetafel realisiert werden. Komplexere Anzeigen oder ggf. Geschwindigkeitsbegrenzungen bei Gefahrensituationen erfordern ggf. größere oder Color LED Anzeigetafeln.

Die in der Machbarkeitsstudie betrachtete Anzeigetafeln verfügen in den beiden Varianten (monochrom oder color) jeweils über eine integrierte Recheneinheit zur Regelung der Anzeige sowie ein DFÜ Modul zur direkten Ansteuerung. Die Einheiten bieten die Möglichkeit vorabgespeicherte Anzeige-Sets in einem integrierten Speicher abzuspeichern. Eine Steuerung der Anzeigehalte kann somit vor Ort durch den Aufsteller, als auch remote über die Zentrale vorgenommen werden. Über die DFÜ Verbindung lässt sich die Anzeige durch die Zentrale jederzeit beeinflussen bzw. ändern. Auch Effekte wie z.B. Wechselanzeigen oder eine blinkende Darstellung lassen sich wenn gewünscht einstellen. Ebenso ist das Einspielen von Grafiken möglich.

Als Basisgröße wird ein Gehäusemaß von 1440mm x 960mm x 160mm (BxHxT) empfohlen.

Die möglichen Schrifthöhen liegen bei 70-960 mm. Die Lesbarkeit wird laut Herstellerangabe bei einer Schriftgröße von 70mm bei 35 Metern angegeben. Dies sollte lt. Richtlinien in den meisten Fällen ausreichend sein.³⁴

Für die LED Technologie wird eine Lebensdauer von 100.000 Stunden lt. LED Hersteller angegeben. Die für den Outdoor Einsatz konzipierten Systeme verfügen über die Schutzlassenzertifizierung IP65 und sind für Eisatztemperaturen von - 25° bis +60° Celsius geeignet. Besonderer Augenmerk liegt bei der Umgebungshelligkeitsgesteuerten Anzeigehelligkeit. Die Anzeigehelligkeit eines LED Displays sollte für den Einsatz bei Sonnenschein 6000 cd/m² aufweisen.

Der Stromverbrauch des hier beschriebenen Systems in der Color LED Ausführung liegt laut Herstellerangebe durchschnittlich bei ca. 150 Watt und wird wiederum über eine oder mehrere kombinierte Versorgungs-Boxen vorgenommen.

³³ Kirschfink H.: Parameterschätzung für Verkehrslage und Stauprognose, 2006.

³⁴ Vgl. FSV (Hrsg.): Beschilderung und Wegweisung auf Autobahnen, 2006.



Abb. 24: LED Color Display (Foto: WIPAMedia)

Quelle: WIPAMedia GmbH & Co KG (Hrsg.): Anzeigetafel, 2012.

4.1.2 Passive Komponenten

Die passiven Komponenten umfassen alle jene Elemente, die für den Betrieb der aktiven Komponenten erforderlich sind mit Ausnahme der Grundbefestigung (Basiskomponenten). Diese beinhalten neben der DFÜ und Stromversorgungseinheit auch die Montage und Schutzvorrichtungen für den Aufbau der Sensorik sowie der Anzeigeelemente. Grundsätzlich sind die passiven Komponenten so konzipiert, dass diese für alle aktiven Komponenten in beliebiger Weise kombiniert werden können. Das vereinfacht das Handling und bietet ein hohes Maß an Kombinationsmöglichkeiten für die verschiedenen Einsatzbedingungen.

Montage- und Schutzvorrichtungen

Die Sensorik zur Verkehrsbeobachtung sowie zur Verkehrsdatenmessung sollte in einer Mindesthöhe von 4,00 Metern montiert werden. Um diese Höhe zu erreichen ist ein Teleskopstangensystem vorgesehen, welches mit Hilfe einer solide Basisbefestigung (siehe Kapitel Basis Komponenten) aufgestellt und arretiert sowie zusätzlich mit Abspannseilen fixiert werden kann. Das Teleskopstangensystem aus Edelstahl Formrohren wird mit einem Durchmesser von ca. 100mm so dimensioniert, dass es eine hohe Eigensteifigkeit aufweist. Eingezogen weist das Mastsystem eine Gesamthöhe von 2,0 Metern auf. Bereits in einigen Projekten zur Verkehrsanalyse erwies sich solch eine Teleskopstangenkonstruktion als schnell und einfach aufzustellen sowie als stabile und zuverlässige Lösung.

Als Abspannelemente kommen 3mm Edelstahl Drahtseile zum Einsatz welche entweder in der Basisbefestigung oder notfalls über Erdspieße mittels Schnellspannsystem befestigt werden können.

Die Befestigung der Sensorik (AV oder VZ Sensor) erfolgt über eine Masthalterung des Typs AXIS T95A67, welche für Masten mit einem Durchmesser von 80mm bis 150mm konzipiert ist. Sollte eine Montage auf anderen, eventuell bereits vorhandenen erhöhten Elementen (Brückenpfeiler, Informationstafeln, Lichtmasten, LKW Aufbauten, etc.) möglich sein, so können neben der AXIS Mastmontageklemme T95A67 auch andere Befestigungselemente des Typs AXIS T91A zur Sensormontage genutzt werden. Alle diese Befestigungselemente werden so modifiziert, dass eine universale Kombination mit den dazu passenden Basiselementen gegeben ist.



Abb. 25: Testaufbau MSdek-plus im Einsatz zur Verkehrsdatenerhebung
Quelle: eigene Darstellung

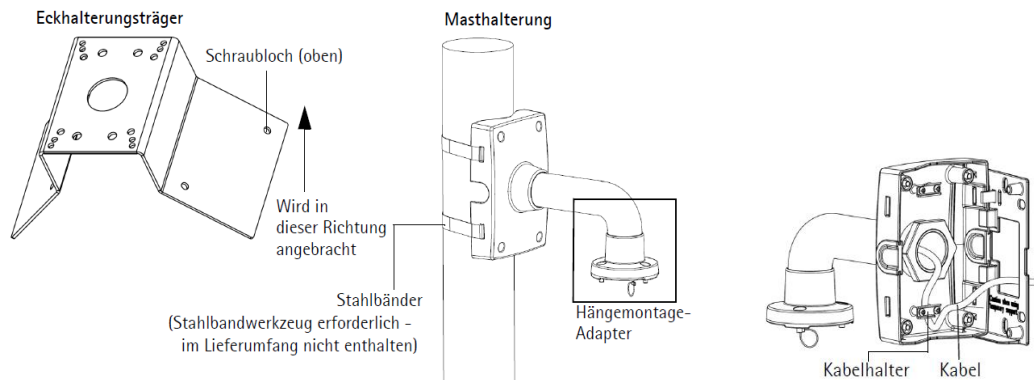


Abb. 26: Montageelemente AXIS T91A, Eckbefestigung, Masthalter, Montagearm für AXIS Q60 Serie

Quelle: Axis Communications AB. (Hrsg.): Installation Guide, 2012.

Stromversorgung Akkubox

Die Stromversorgung des netzautarken VMS erfolgt über wartungsfreie 12 Volt Blei-Gel Akkus welche samt Laderegler und Wechselrichter in einer Akku-Einheit zusammengefasst sind. Für den Langzeitbetrieb werden in einer Box Blei-Gel Akkus mit einer Leistung von 140Ah (Amperestunden) verwendet und für längere Betriebszeiten kombiniert bzw. mit Stromerzeugern ergänzt. Die Aneinanderreihung der Boxen und die Versorgung der Komponenten sind weiter unten dargestellt.

Die angegebene Kapazität wurde bewusst ausgewählt, da sie einen ausgewogenen Mittelweg zwischen Leistung, Transportabilität (Gewicht) und Ladedauer ermöglicht.

Die Akku-Elemente verfügen über einen Einsatztemperaturbereich von -30° bis +50° Celsius und werden in der Akkubox gesondert isoliert und abgesichert. Dieser zur Konzeption herangezogene Akku der Firma Banner Batterien (Dry Bull DB 140) wiegt ca. 47Kg und ist zyklentest³⁵.

Die Ladeinheit des Akkus ist direkt in der Akkubox eingebaut. So ist es möglich, die gesamte Akkubox zur Ladung z.B. in eine 230 Volt Steckdose anzustecken. Für den Langzeiteinsatz ist es auch möglich, einen kombinierten Einsatz von Stromerzeugern und Akkueinheiten zu realisieren.

Die Ladung erfolgt mittels Ladeelektronik, so dass trotz Schnellladeverfahren eine lange Akkulebensdauer sichergestellt werden kann. Das zur Konzeption herangezogene Ladegerät³⁶ kann den Akku mit bis zu 20 Ampere Ladestrom versorgen.

³⁵ Banner GmbH (Hrsg.): Traction Bull Bloc Datenblatt, 2012.

³⁶ FraRon electronic GmbH (Hrsg.): Batterieladegerät Bedienungsanleitung, 2012.

Ein 50Hz Sinuswechselrichter richtet 12Volt DC auf 230 Volt AC um ein erleichtertes Handling im Umgang mit den Sensoren zu ermöglichen (Stromstärken, Leitungsquerschnitte, standardisierbare Stecker und Buchsen, etc.).

Der zur Konzeption herangezogene Sinus Wechselrichter der Firma Voltcraft³⁷ arbeitet innerhalb einer Betriebsspannung zwischen 10,5 bis 15Volt DC und liefert dabei bis 300 Watt auf 230Volt AC.

All diese Komponenten werden in einer Akkubox so verbaut, dass diese als eine Einheit einsatzfähig ist. Für den Einsatz bei tieferen Temperaturen kann noch ein Heizelement mit Thermostat vorgesehen werden (für den Fall, dass der Kapazitätsverlust des Akkus höher ist als der Stromverbrauch des Heizelements).

Ein abgedichteter Deckel ermöglicht einen leichten Wartungszugang z.B. zum Batterietausch oder zur Akku-Ladestandkontrolle.

Die Ladestromzuführung sowie der genormte Verbindungsstecker zur Spannungsversorgungsbox werden entsprechend Wettergeschützt ausgeführt.

Um das Handling der insgesamt ca. 60Kg schwere Akkubox zu erleichtern, wird diese Tragegriffen sowie mit Transportvorkehrungen ausgestattet. Die Akkuboxen dienen auch zur Beschwerung bzw. zur Verbesserung der Standfestigkeit der Basiskomponenten.

Die Ladung der Akkuboxen erfolgt entweder an der 230Volt Steckdose oder über einen Stromerzeuger. So ist eine Ladung mit gleichzeitigem Betrieb der aktiven Komponenten realisierbar.

Mit einem Tankinhalt von 12 Litern weist der hier exemplarisch herangezogene SDMO DX6000³⁸ Diesel-Stromerzeuger eine Betriebszeit von ca. 9 Stunden, bei einer Leistung von 5200 Watt auf. Diese Leistung ermöglicht das gleichzeitige Laden von mehreren Akkuboxen sowie den Betrieb der aktiven Komponenten. Grundsätzlich können alle Möglichkeiten zur Stromversorgung in einem 230V Netz eingesetzt werden (Benzin/Diesel-Aggregate, Photovoltaik, Brennstoffzellen, Netz eines Energieversorgers) Auch der Austausch der Akku-Einheiten während einem Einsatz ist vorgesehen. So kann bei Bedarf jederzeit ein entladener Akku vor Ort gegen einen geladenen ausgetauscht werden. Die Ladung der leeren Akku-Einheit kann somit in der Einsatzzentrale der örtlichen Autobahnmeisterei vorgenommen werden. Hierzu wird lediglich eine 230 Volt

³⁷ Conrad Electronic SE (Hrsg.): Bedienungsanleitung Sinus Terminal, 2006.

³⁸ Schick GmbH (Hrsg.): Stromerzeuger DX 6000 TE Datenblatt, 2009.

Steckdose benötigt. Die Ladezeit einer Akkueinheit mit 140Ah beträgt an 230 Volt mit 20 Ampere ca. 8,5 Stunden.

Grundlegendes elektrotechnisches Aufbauschema

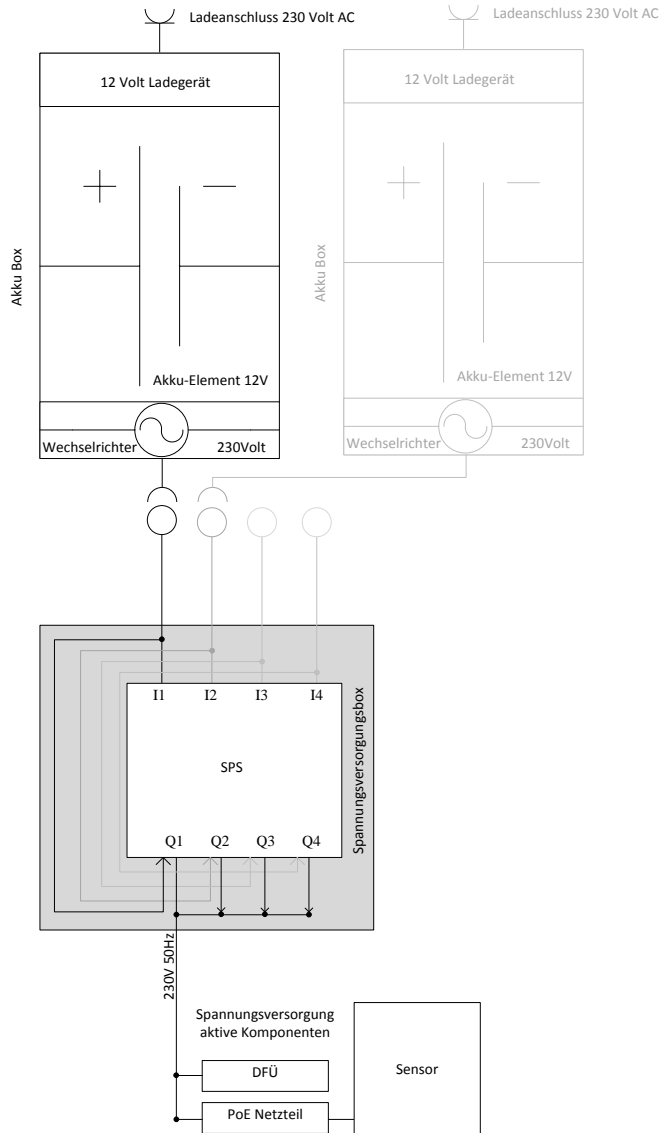


Abb. 27: Systemschema Stromversorgung (dargestellt mit 2 Akkuboxen)

Quelle: eigene Darstellung



Abb. 28: Blei-Gel Akku-Box inkl. Laderegulierung für MSdek plus Testaufbau

Quelle: eigene Darstellung

Versorgungs-Box / Spannungsversorgungseinheit

Über eine genormte Steckverbindung wird die Akkubox mit der Spannungsversorgungseinheit verbunden. Die Spannungsversorgungseinheit kann bis zu 4 Akkuboxen verwalten und regelt die Stromzufuhr zu den aktiven Komponenten.

In der Konzeption wurde exemplarisch eine Siemens LOGO! 12/24RC SPS³⁹ Steuerung zur Regulierung der Spannungsversorgung herangezogen.

Über eine genormte Steckverbindung werden die Akkuboxen mit der Steuerung verbunden. Die Steuerung überwacht die Spannungsversorgung des Akkus und schaltet automatisch bei Spannungsunterbrechung auf eine andere vorhandene Akkubox um.

Direkt integriert in die Spannungsversorgungseinheit wird das zur DFÜ genutzte Internet Modem verbaut.

Die verwendete Sensorik wird mittels Netzkabel (CAT5e mit RJ45 Stecker) mit dem DFÜ Modul verbunden. Zusätzlich erfolgt der Anschluss der aktiven Komponenten an die Akkueinheit. Über einen ON/OFF Schalter wird die Einheit nach dem Anschluss aller Komponenten in Betrieb genommen. Sowie das Systeme hochgefahren ist, ist dieses von

³⁹ Siemens AG (Hrsg.): LOGO! modular – die technischen Details, 2011.

der Einsatzzentrale als „System Ready“ ansprechbar und kann vom Einsatzleiter zu seinem Einsatz-Set dazu gefügt und beeinflusst werden (siehe Kapitel Zentrale).

Datenübertragung / DFÜ

Zur Datenfernübertragung wird Mobile-Internettechnologie verwendet. Bei Fortschreiten der Technik können diese Elemente in den Versorgungs-Boxen später auch gegen andere Übertragungstechnologien (z.B. LTE) ausgetauscht werden.

Je nach Netzversorgung des Providers sind mit HSDPA+ derzeit 14,4Mbit/s Download zu 5,76Mbit/s Upload möglich. Das zur Konzeption herangezogene Mobile-Internetmodem unterstützt die Datenübertragungsformate GPRS/EDGE/UMTS/ HSDPA+ und kann zur Erhöhung der Einsatzsicherheit mit zwei SIM-Karten redundant ausgeführt werden.



Abb. 29: Internet Modem TAINY HMOD-V3-IO

Quelle: Dr. Neuhaus Telekommunikation GmbH (Hrsg.): TAINY, 2012.

4.1.3 Basiskomponenten

Als Basis Komponenten werden all jene Elemente zusammengefasst, die die Basis zur Befestigung bzw. zur Aufstellung der Passiv- und Aktivkomponenten bilden. Hier wurde darauf Rücksicht genommen, dass möglichst viele Befestigungsszenarien abgebildet werden können, um eine möglichst breite Palette an Einsatzmöglichkeiten zu schaffen (diese sind je nach Gegebenheiten auch weiter ausbaubar).

Sockel

Eine Befestigungshülse für das Teleskopgestänge (Passivkomponente) bildet das Mittelelement für den Edelstahl Sockel. An diesem Mittelelement werden ringsum, in einem Abstand von 120°, drei 120cm lange Teleskopgestänge so montiert, dass diese einen soliden Standsockel bilden. Jedes Teleskopgestänge lässt sich bis auf eine

Gesamtlänge von maximal 190cm ausziehen und sich somit auch bei schwierigen Platzverhältnissen flexibel einstellen.

Für eine gute Anpassbarkeit im Gelände und einem leichten Transport sind die Teleskopgestänge an einem Scharnier so befestigt, das sich diese in verschiedenen Winkeln arretieren lassen. Für den Transport werden diese an das Mittelelement abgeklappt. Jedes Ende eines Teleskoparms besitzt eine Befestigungsöse für die Schnellspannseile zur Stabilisierung des Teleskopmastsystems. Eine zusätzliche Beschwerung, und damit auch eine zusätzliche Stabilisierung des Sockels, kann durch die Akku-Elemente, die ein hohes Eigengewicht aufweisen, erreicht werden.

Dreibein

Das mit drei stufenweise höhenverstellbaren Teleskopbeinen auf unebenen Untergrund sehr gut anpassbare Dreibein aus Edelstahl, verfügt über eine Mastschelle, an der die Teleskopstange (Passivkomponente) befestigt wird. Die Teleskopstange stützt sich am Untergrund durch eine 50x50cm Sockelplatte ab, die ggf. noch zusätzlich mit Erdspeießen fixiert werden kann. Die Mastschelle befindet sich bei voll ausgezogenem Teleskopbein auf einer Montagehöhe von 150cm. Der maximale Abspreizwinkel beträgt 45°. Ein voll ausgezogenes Teleskopbein hat eine Gesamtlänge von 250cm und eine Abspreizung von 200cm vom mittig platzierten Mastgestänge.

Jedes Ende eines Teleskopbeines besitzt eine Befestigungsöse für die Schnellspannseile zur Stabilisierung des Teleskopmastsystems. Eine zusätzliche Beschwerung, und damit auch eine zusätzliche Stabilisierung der 50x50cm Sockelplatte, kann wiederum durch das Eigengewicht der Akku-Elemente erreicht werden.

Basisplatte

Die Basisplatte ist eine 50x50cm Sockelplatte aus Edelstahl, mit einer mittig angebrachten Montagehülse für das Teleskopgestänge. Diese Edelstahlplatte bietet ein Ergänzungselement z.B. bei Verwendung eines Dreibeines oder einer Klemmschiene zur Mastmontage. Es dient als Aufstellfläche für das Teleskopgestänge und kann mittels Erdspeießen zusätzlich am Boden fixiert werden.

Anhänger

Ein auf einem Tieflader Anhänger fix am Anhänger installierter Masthalter bildet die Basis zum Aufbau des Teleskopgestänges. Dieses System fixiert die Teleskopstange am

Anhängerboden sowie auf einer Höhe vom 150cm. Zusätzlich wird das Teleskopgestänge mittels Schnellspannseilen am Anhänger arretiert. Dieses System empfiehlt sich besonders für die Montage von Anzeigeelementen, da hier aufgrund des Stromverbrauchs einige Akku-Einheiten zum Einsatz kommen müssen.

Auf einer kompakten Anhängergröße von (Ladeflächenmaße z.B. 201x125cm) lassen sich alle Versorgungselemente komfortabel unterbringen, sicher aufstellen und einfach transportieren.

Klemmschienen

Ein flexibel einstellbares Klemmschienen-Element bietet zahlreiche Montagemöglichkeiten an Leitschienen, Betonleitwänden, bestehenden LKW Aufbauten oder Lärmschutzelementen. Das konzeptionierte Zangensystem lässt sich auf verschiedene Breiten bis maximal 100cm anpassen. Auf die befestigte Klemmschiene lassen je nach Situation entweder Masthalter für das Teleskopgestänge, oder Montageelemente für eine direkte Sensormontage anbringen.

Bei einer Senkrechten Montage bei z.B. Lärmschutzwänden lassen sich auch mehrere Klemmschienen zur Befestigung eines Teleskopmastes kombinieren um genügend Stabilität zu gewährleisten.

Ebenso ist es z.B. möglich eine die 50x50cm Basisplatte zur Fixierung des Teleskopgestänges am Boden zu kombinieren um die Systemsteifigkeit bei Einsatz der Klemmschiene auf einer Leitplanke zu erhöhen.

Gurtsystem

Ein aus jeweils zwei Nylon Zurrgurten bestehendes Befestigungssystem bietet eine sehr einfache Möglichkeit, Montageelemente zur Sensormontage sehr Materialschonend z.B. auf Brückenpfeilern, Brückengeländern, Bäume oder sonstigem Umschließbaren vor Ort vorhandenen Elementen zu montieren. Die Sensormontageelemente sind so aufgeführt, dass diese Gurtschlaufen aufweisen und die jeweils 10 Meter langen Gurte fixiert werden können. Mittels Schnellspannsystem lassen sich diese rasch und einfach montieren.

4.1.4 Zentrale

Zentrale Software

Die zentrale Software ist ein Herzstück im Betrieb des VMS und wird einmalig (bereits in der Phase 2 des PCP) entwickelt. Sie dient sowohl der Verwaltung aller Komponenten als auch der Einsatzsteuerung und Komponentenbedienung während des Einsatzes.

In der Zentrale lassen sich die im Einsatz befindlichen aktiven Komponenten in Einsatzgruppen zusammenfassen und gemeinsam verwalten. Die Sensorsteuerung, Justierung und Anzeigenbeschickung wird vom Operator zentral durchgeführt.

Stammdaten:

Autobahnmeistereien, Komponenten (aktiv, passiv, Basis mit eigener ID und IP Adresse); Einsatztypen (Templates), Textbausteine für Anzeigetafeln (mehrsprachig), Autobahnnetz, Berechtigungssystem

Bewegungsdaten: Ereignisse (darstellbar auf Landkarten), Komponentenzuordnung,

Auswertemöglichkeiten: Inventur, Snapshots, Mitschnitte, Einsatzstatistiken

Die Vorgehensweise beim Erstellen eines Ereignisses samt der Tätigkeit vor Ort ist folgende:

1. Zuordnung der benötigten Komponenten
2. Antransport der Komponenten vor Ort durch eine (oder mehrere) Autobahnmeistereien
3. Aufbau vor Ort
4. Funktionsprüfung (Datenverbindung) und Inbetriebnahme

Die Darstellung im GUI (Graphical User Interface) erfolgt so, dass der Anwender auf einer Österreich Landkarte mit dem hochrangigen Verkehrsnetz seine Einsatzorte überblicksmäßig sieht und den jeweiligen Einsatzort mit den zugehörigen Komponenten aufrufen, verwalten und steuern kann (auch mehrere Einsatzorte gleichzeitig).

Handhabung der unterschiedlichen aktiven Komponenten:

1. VZ – Sensor: Die Kamera vor Ort kann mit allen ihren Schwenk-, Neige- und Zoomfunktionen verwendet werden. Die Steuerung erfolgt entweder über die Software im Bild direkt oder über einen passenden Joystick (siehe unten). Es wird auch die Möglichkeit geben, kurze Mitschnitte zu machen bzw. Bilder über eine Snapshotfunktion abzulegen. Eine grundsätzliche Aufzeichnung der Bilddaten ist nicht vorgesehen.

2. VA – Sensor: Hier gibt es zwei grundsätzliche Vorgänge – Einrichtung und Anzeige. Bei der Systemeinrichtung wird über die Kamerafunktionen ein für die Verkehrszählung passender Bildausschnitt eingestellt, ein Querstrich über die Fahrbahn für den Zählbereich (und ggf. ein zweiter in definiertem Abstand für die Geschwindigkeitsmessung) festgelegt und die Fahrstreifen für die Abschattungsverbesserung markiert. Die Bildeinstellungen werden abgespeichert und kommen zur Zählung zum Einsatz. Sollte aus irgendeinem Grund die Beobachtungsfunktion der Kamera am Zählungspunkt benötigt werden, kann dies sehr einfach geschehen, da es sich um die gleiche Kamera wie für VZ-Sensoren vorgesehen handelt. Die Rückkehr zur Zählung ist dann durch die gespeicherten Einstellungen sehr einfach.

Angezeigt wird beim VA-Sensor in der Zentrale das jeweilige Bild im Zählbereich mitsamt der Einblendung des jew. Verkehrsaufkommens (Einheit wählbar). Es können Schwellenwerte definiert werden; bei Überschreiten (oder ggf. auch Unterschreiten) über einen gewissen Zeitraum wird ein Hinweis am Bildschirm ausgegeben.

3. Anzeigetafeln: Die Anzeigeelemente können frei mit Text oder auch Grafik von der Zentrale aus bespielt werden. Weiters sollen Anzeigetemplates zur Verfügung stehen; evtl. sogar mehrsprachig um gerade zur Hauptreisezeit wechselweise die Informationen in unterschiedlichen Sprachen zur Verfügung zu stellen.

Programmgestützte Einsatzgenerierung („Ereignis-Wizard“)

Auf Basis von Ereignisart und Ereignisort (Strecken km, Fahrtrichtung) werden Vorschläge für die Auswahl und Positionierung der Sensorik und Anzeigeelemente samt Inhalten vorgeschlagen und können in das Einsatzszenario übernommen werden.

Für jeden Autobahnabschnitt (Streckenbereich zwischen zwei Anschlussstellen kann im Vorfeld Festlegungen u.a. über

- Alternativstrecken / Ausweichrouten (je Fahrtrichtung)
- Standorte für Anzeigetafel und deren Antransportrouten
- Standorte für Messkomponenten
- Zuständigkeiten für Vorhaltung der Komponenten, An- und Abtransport und gegebenenfalls Servicierung der Komponenten und
- Textinformationen für die Anzeige, gegebenenfalls in unterschiedlichen Sprachen

vorhanden sein und so die Arbeit des Disponenten im Rahmen eines „Ereignis-Wizard“ maßgeblich unterstützen.

Eine teilweise Auslagerung von Ereignissen in Einsatzzentralen außerhalb der Zentrale Inzersdorf – bspw. für Großveranstaltungen mit deren Vor-Ort-Einsatzorganisation – wird durch eine Remoteverbindung, Terminalsession oder Desktopvirtualisierung auf den jeweiligen Einsatz mit entsprechender Berechtigung ermöglicht, sodass eine temporäre Verlegung der Zentrale ermöglicht wird. Diese Vorgehensweise gestattet auch die Bildbeobachtung für entsprechend berechnigte Autobahnmeistereien (bspw. für ihr jeweiliges Zuständigkeitsgebiet).

Sensorsteuerungs-Joystick

Der hier exemplarisch zur VA- und VZ Sensor Steuerung dargestellte AXIS T8311 ist ein für OTZ Steuerung konzeptioniertes Joystick System, welches die Funktionen Schwenken/Neigen (X/Y-Achse) sowie Zoomen (Z-Achse / Drehknopf) abbildet. Zusätzlich verfügt das System über 6 anwendungsspezifische Tasten, welche mit Pre-Sets so programmiert werden können, das zuvor gespeicherte Kamerapositionen bei Tastendruck von der zur Steuerung definierten Kamera automatisch angefahren werden.



Abb. 30: AXIS T8311 Joystick

Quelle: Axis Communications AB. (Hrsg.): Steuerungseinheit, 2012.

4.2 Systemaufgaben – Gesamtsystem – Wer macht was?

Die nachfolgende Darstellung ergibt sich aus den Gesprächen mit Projektverantwortlichen bei der ASFINAG (Mag. Hufnagl / DI Strasser) und mit der Autobahnmeisterei Graz-Raaba (Hr. Schwab). Es wurde versucht einerseits die Anforderungen nach möglichst einfacher Bedienung, höchstmöglichem Komfort und Zuverlässigkeit mit bestmöglichem Informationsgehalt zu erreichen.

Folgende Dinge standen dabei aufbauend auf den projektseitigen Vorgaben im Vordergrund:

- Entscheidungen zur Verkehrsbeeinflussung fallen in der Zentrale durch den jeweiligen Disponenten und nicht automatisiert
- Zuverlässigkeit des Systems bei unterschiedlichen Bedingungen (siehe Folgekapitel)
- Einfache Transportierbarkeit und Aufstellbarkeit (möglichst ein Mitarbeiter in einem mit B-Führerschein zu bedienendem KFZ)
- Einfache Handhabung sowohl vor Ort als auch in der Zentrale

4.2.1 Aufgaben am Einsatzort

Allgemeines

Die beschriebenen aktiven Komponenten sind in Größe, Gewicht und Handling so konzipiert, dass diese von einer Person montiert bzw. aufgestellt werden können. Bei der Montage der passiven Elemente, zu denen auch die Stromversorgung gehört, empfiehlt sich der Aufbau durch zwei Personen, grundsätzlich sollte es aber auch für eine Person möglich sein..

Der modulare Aufbau des Systems erlaubt einen Transport in herkömmlichen KFZ z.B. in einem Pritschenwagen oder Anhängersystemen.

Nach Aktivierung eines Sensors ist dieser von der Zentrale erreichbar. Die Aufstellung eines Sensors vor Ort sollte damit abgeschlossen werden, dass ein Funktionscheck mit dem Operator in der Einsatzzentrale durchgeführt wird.

Aufstellen der VZ und VA Sensorik

Der Aufstellungsort des Sensors zur Verkehrszustandsbeobachtung sollte so gewählt sein, dass man einen möglichst großen Überblicksbereich abdeckt. Durch die starke Zoom Funktion des VZ-Sensors ergibt sich bei geschickter Auswahl des Aufstellungsorts im optimalen Fall ein großflächiger Überblick über das Geschehen, weiters ermöglicht das optische Zoom eine Fokussierung auf wichtige bzw. relevante Bereiche.

Alle Sensoren zur Verkehrszustandsbeobachtung sowie zur Verkehrsaufkommensbestimmung sollten möglichst hoch montiert werden. Das Teleskopmastsystem bietet eine maximale Montagehöhe von ca. 4 Metern und für möglichst optimale Ergebnisse des VA Sensors, in der mittleren Fahrbahntrennung montiert werden, um bei Stausituationen nicht von LKW Verkehr abgedeckt zu werden (Abschattungseffekte bei der Verkehrszählung).

Die Befestigung des Teleskopmasts bzw. der Montageelemente der Sensorik erfolgt mittels der als Basis beschriebenen Elemente. Der modulare Aufbau ermöglicht auf nahezu jegliche vor Ort vorherrschende Situation eine geeignete Aufstellungsvariante zusammen zu stellen, da alle Komponenten beliebig untereinander kombiniert werden können.

Über die Versorgungs-Box werden die Sensoren mit Strom versorgt und mittels mobilen Internetmodems automatisch mit der Einsatzzentrale verbunden.

Die Feinjustierung der Sensorik erfolgt remote in der Einsatzzentrale. Somit kann eine möglichst kurze Montage- und Inbetriebnahme Zeit für das aufstellende Personal erreicht werden, die sich um die exakte Ausrichtung der Sensorik nicht kümmern muss.

Aufstellen der Anzeigesysteme.

Die Anzeigesysteme weisen auf Grund ihrer Bauform eine große Angriffsfläche für Wind auf. Daher ist besonders auf eine gute Absicherung durch die der Basis-Elemente bzw. auf eine zusätzliche Beschwerung durch die Versorgungsboxen zu achten. Die Empfohlene Montagehöhe für Anzeigesysteme beträgt 250cm, was der ersten Ausfahrstufe des Mastsystems entspricht. Nach Anschluss der Stromversorgung wird das Display aktiviert. Das Display erlaubt durch seine vorgespeicherten Anzeigen eine vor Ort Einstellung der anzuzeigenden Informationen, verbindet sich jedoch unmittelbar nach Aktivierung mit der Einsatzzentrale von wo aus eine direkte Displaysteuerung erfolgt.

4.2.2 Aufgaben Zentrale

Die Aufgaben in der Zentrale stellen sich folgendermaßen dar:

Der diensthabende Disponent entscheidet in Absprache mit der Einsatzleitung vor Ort ob bei einem Spontanereignis (Unfall) das mobile VMS zum Einsatz kommt. Längerfristig planbare Einsätze (Baustellen, Großveranstaltungen) ermöglichen längere Vorbereitungszeiten.

Bei einem Einsatz des mobilen VMS ergeben sich folgende Aufgabenstellungen für den Disponenten:

- Zusammenstellung eines Einsatzes im System (Einsatzanlage)
- Gemeinsame Inbetriebnahme der Sensorik mit MA vor Ort (Funktionscheck)
- Fernbedienung der Kamera, ggf. Mitschnitt bzw. Snapshots

- Einstellung der VA-Sensorik (Feinjustierung)
- Beobachtung des Verkehrsaufkommens
- Ausgabe Text oder Grafik am Display
- Administrative Aufgaben (Statistiken, etc.)

Die detektierten Daten bieten die grundlegende Information für den Disponenten, werden von diesem entsprechend interpretiert und bilden die Entscheidungsgrundlage für weiterführende Maßnahmen (Anzeigeansteuerung).

5 FUNKTIONSANALYSE UND BEWERTUNG MACHBARKEIT

5.1 Anwendbarkeit auf die Einsatzszenarien

5.1.1 Unfall mit längerer Dauer - Spontanereignis

Folgende Aktive Komponenten kommen zum Einsatz:

Aktive Komponente	Ort	Funktion
Verkehrszustand-Sensor VZ-Sensor	unmittelbar an der Unfallstelle	Information des Disponenten in der Leitzentrale - Bild der Unfallstelle und der
Anzeige und Informationssystem AZ-Display	in einem ausreichenden Abstand vor der letzten Ausfahrt vor der Unfallstelle mit Möglichkeit zu einer Alternativroute	Information der Verkehrsteilnehmer über Verkehrszustand, Ableitung, Alternativroute
Verkehrszustand-Sensor VZ-Sensor (OPTIONAL)	im Abschnitt zwischen Unfallstelle und letzten Ausfahrt davor – eventuell auf fahrenden KFZ mit Stauwarnung montiert	Zusatzinformation des Disponenten in der Leitzentrale – Rückstaulänge, Rückstauaufbau, Rückstauauflösung

Tab. 21: Einsatzszenario 1: Unfall – Einsatz Aktiver Komponenten

Quelle: eigene Darstellung

Folgende Komponenten der Zentrale kommen zum Einsatz:

Komponente in der Zentrale	Funktionen
Zentrale Software	Konfiguration des Ereignisses Konfiguration der eingesetzten aktiven Komponenten
Anzeige	Bild der Unfallstelle
Anzeige (optional)	Bild der Stausituation vor der Unfallstelle / Stauwurzel
Schnittstelle Anzeigetafel	Generierung von Informationen für Verkehrsteilnehmer

Tab. 22: Einsatzszenario 1: Unfall – Funktionalität in der Zentrale

Quelle: eigene Darstellung

Einsatzszenario 1: Spontanereignis – Unfall

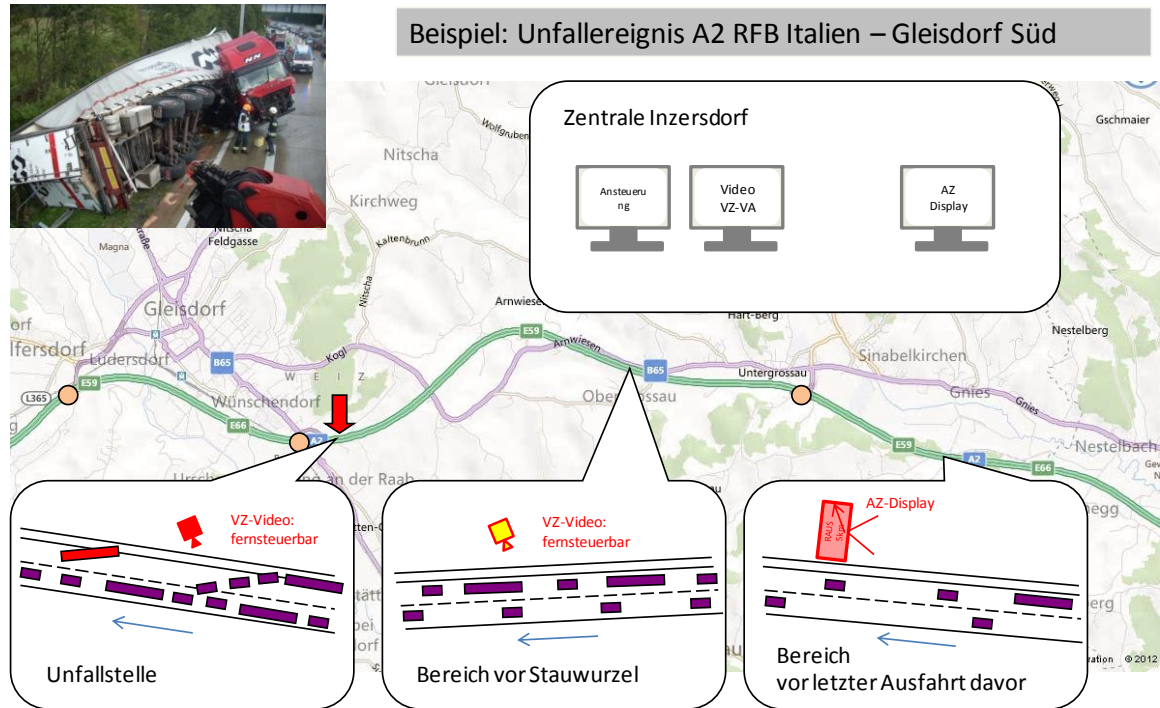


Abb. 31: Einsatzszenario 1: Unfall – Einsatz eines mobilen Verkehrsmanagementsystems
 Quelle: eigene Darstellung; Hintergrundgraphik: Bing; Foto: Feuerwehr Gleisdorf

Ablauf des Ereignisses im Verkehrsmanagement mit mobilen VMS

Verkehrsgeschehen / Ablauf	Verfügbarkeit / Einschränkungen	Verkehrsmanagement
Unfallgeschehen Unfallmeldung Bildung eines Rückstaus ausgehend von der Unfallstelle in Abhängigkeit von Umfang, Einschränkungen, Zeitpunkt und Zeitdauer des Unfallgeschehens	Teilsperre / Totalsperre Sicherung der Unfallstelle	Aktivierung der Einsatzkräfte Anfahrt und Eintreffen der Einsatzkräfte Festlegung erforderlichen Maßnahmen Anforderung MSdek VMS Anlieferung MSdek VMS Ausführung der Maßnahmen (Retten, Schützen, Bergen,

<p>Reaktion der Verkehrsteilnehmer in unmittelbarer Anfahrt auf den Unfallort vor der letzten Ausweichmöglichkeit</p> <p>Reaktion Verkehrsteilnehmer – Ausweichen auf Alternativroute</p> <p>Auflösung des Staus</p>	<p>Aufhebung Sperre – Freigabe</p>	<p>Reinigen)</p> <p>Videobild MSdek VMS an Zentrale</p> <p>AZ-Anzeige Ableitung</p> <p>Information Einsatzzentrale - Verkehrsmeldung (Radio, TMC)</p> <p>Information an Verkehrsteilnehmer - Ausweichrouten</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tab. 23: Einsatzszenario 1: Unfall – Ablauf im Ereignisfall mit MSdek VMS

Quelle: eigene Darstellung

Folgende Wirkungen sind durch Einsatz des MSdek VMS zu erwarten

- Verminderung des Rückstauaufbaus im Abschnitt zwischen Unfallstelle und letzter Ausfahrt davor mit Alternativroute bzw. im Abschnitt vor letzter Ausfahrt mit Möglichkeit zur Nutzung einer Alternativroute und
- Beschleunigung der Auflösung des Staus durch Verminderung des Zuflusses zum Stau.

Folgende Anforderungen sind für das Einsatzszenario Unfall an das MSdek VMS zu stellen:

- Rasche Einsatzentscheidung um größtmögliche Wirkung herbeizuführen.
- Rasche Anlieferung und Aktivierung:
 - leichter Transport
 - leichte Montage
 - leichte Installation und Inbetriebnahme
- Verfügbarkeit eines Sets für Spontanereignisse (jew. aktive, passive und Basiskomponenten)

5.1.2 Baustellen

Folgende Aktive Komponenten kommen zum Einsatz:

Aktive Komponente	Ort	Funktion
Verkehrsaufkommen-Sensor VA-Sensor	in einem ausreichenden Abstand vor der letzten Ausfahrt vor der Baustelle mit Möglichkeit zu einer Alternativroute	Information des Disponenten mit statistisch aufbereiteten Messwerten über das Verkehrsaufkommen (optional Geschwindigkeit) im Vorfeld der Baustelle
Anzeige und Informationssystem AZ-Display	in einem ausreichenden Abstand vor letzten Ausfahrt vor der Baustelle mit Möglichkeit zu einer Alternativroute	Information der Verkehrsteilnehmer über Verkehrszustand, Ableitung, Alternativroute
Verkehrszustand-Sensor VZ-Sensor (OPTIONAL)	unmittelbar vor der Baustelle	Zusatzinformation des Disponenten in der Leitzentrale – Verkehrsablauf am Beginn des Baustellenbereichs

Tab. 24: Einsatzszenario 2: Baustelle – Einsatz Aktiver Komponenten

Quelle: eigene Darstellung

Folgende Komponenten der Zentrale kommen zum Einsatz:

Komponente in der Zentrale	Funktionen
Zentrale Software	Konfiguration des Ereignisses Konfiguration der eingesetzten aktiven Komponenten
Anzeige	Messdaten / Statistiken / Warnung Schwellwertüberschreitung
Anzeige	Bild des Messquerschnitts – visuelle Kontrolle Verkehrszustand
Anzeige (optional)	Bild der Stausituation vor der Baustelle
Schnittstelle Anzeigetafel	Generierung von Informationen für Verkehrsteilnehmer

Tab. 25: Einsatzszenario 2: Baustelle – Funktionalität in der Zentrale

Quelle: eigene Darstellung

Einsatzszenario 2: Geplantes Ereignis – Baustelle

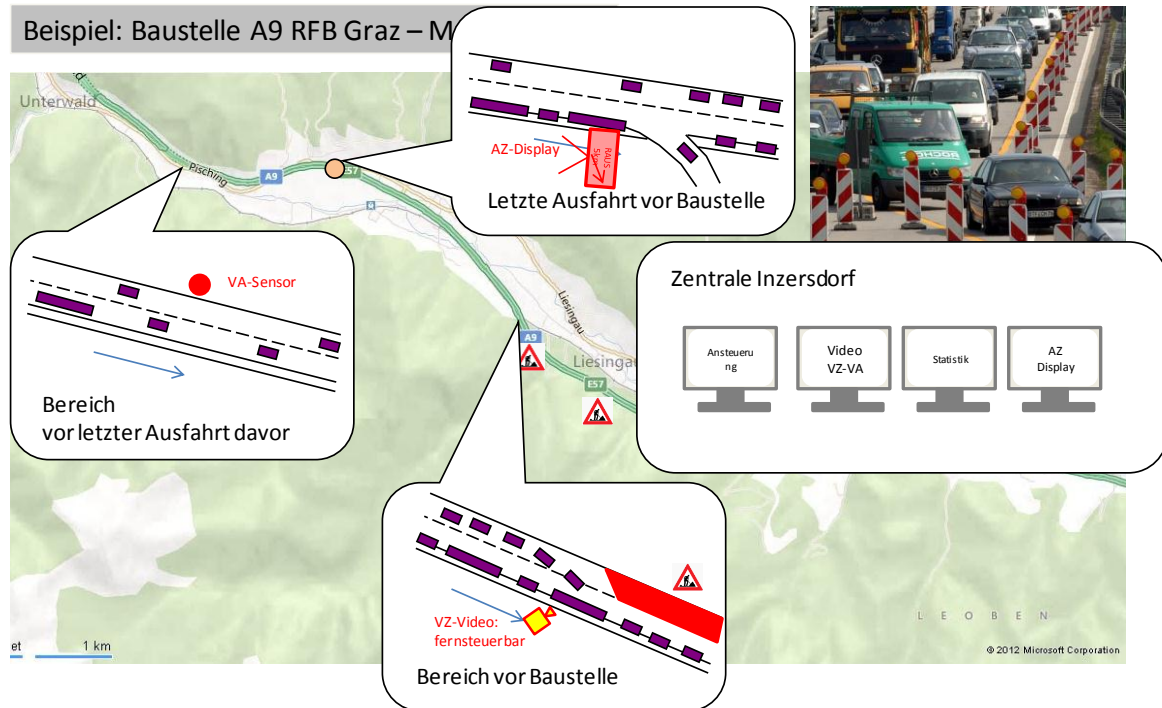


Abb. 32: Einsatzszenario 2: Baustelle – Einsatz eines mobilen VMS

Quelle: eigene Darstellung; Hintergrundgraphik: Bing; Bild: Sinoconcept

Ablauf des Ereignisses im Verkehrsmanagement mit mobilen VMS

Verkehrsgeschehen / Ablauf	Verfügbarkeit / Einschränkungen	Verkehrsmanagement
bei Verkehrsaufkommen unter der Kapazitätsgrenze bei der Baustelle – geringfügige Einschränkungen (Erhöhung Reisezeit)	Teilsperre der Straße über den gesamten Zeitbereich und über die Baustellenlänge	Messung aktiv Anzeigetafel aktiv
bei Verkehrsaufkommen über der Kapazitätsgrenze Bildung eines Rückstaus ausgehend von der Baustelle in Abhängigkeit von Umfang,		Warnung Schwellwertüberschreitung AZ-Anzeige Ableitung Meldung von Stauerscheinungen an die

<p>Einschränkungen</p> <p>Reaktion der Verkehrsteilnehmer in unmittelbarer Anfahrt auf die Baustelle vor der letzten Ausweichmöglichkeit</p> <p>Reaktion Verkehrsteilnehmer – Ausweichen auf Alternativroute</p> <p>Rückgang des Verkehrsaufkommens – Rückbildung des Staus bis zur Auflösung des Staus</p>		<p>Zentrale; Einsatzzentrale - Verkehrsmeldung (Radio, TMC) - Information an Verkehrsteilnehmer – Ausweichrouten</p> <p>Meldung des Endes der Stauerscheinungen an die Zentrale; Aufhebung der Alternativroutenempfehlung</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tab. 26: Einsatzszenario 2: Baustelle – Ablauf im Ereignisfall mit mobilen VMS

Quelle: eigene Darstellung

Folgende Wirkungen sind durch Einsatz des MSdek VMS zu erwarten

- Verminderung des Staufbaus im Abschnitt zwischen Baustelle und letzter Ausfahrt davor mit Alternativroute bzw. im Abschnitt vor letzter Ausfahrt mit Möglichkeit zur Nutzung einer Alternativroute und
- Beschleunigung der Auflösung des Staus durch Verminderung des Zuflusses zum Stau.

Folgende Anforderungen sind für das Einsatzszenario Unfall an das MSdek VMS zu stellen:

- Schwellwertbestimmung ist an Einschränkung durch Baustelle möglichst genau abzustimmen.
- Sensorik soll robust und verlässlich Daten liefern:
 - Tag / Dämmerung / Nacht
 - Niederschlag / Nebel
 - Verschmutzungen der Linse des Bild-Sensors

5.1.3 Großveranstaltungen

Folgende Aktive Komponenten kommen zum Einsatz:

Aktive Komponente	Ort	Funktion
Verkehrszustand-Sensor VZ-Sensor	Im untergeordneten Straßennetz im Bereich der Abfahrten von Autobahnen / Schnellstraßen	Information des Disponenten in der Leitzentrale - Bild der Situation im untergeordneten Netz
Anzeige und Informationssystem AZ-Display	in einem ausreichenden Abstand vor den jeweiligen Ausfahrten	Information der Verkehrsteilnehmer über Verkehrszustand, Sperre, Ableitung, Alternativroute, Alternativanreise (Verkehrsmittel)
Verkehrszustand-Sensor VZ-Sensor (OPTIONAL)	im unmittelbaren Ausfahrtbereich von der Autobahnen / Schnellstraßen	Zusatzinformation des Disponenten in der Leitzentrale – Verkehrsablauf, Beeinflussung durch Verkehr der untergeordneten Straße, Rückstau

Tab. 27: Einsatzszenario 3: Großveranstaltungen – Einsatz Aktiver Komponenten

Quelle: eigene Darstellung

Folgende Komponenten der Zentrale kommen zum Einsatz:

Komponente in der Zentrale	Funktionen
Zentrale Software	Konfiguration des Ereignisses Konfiguration der eingesetzten aktiven Komponenten
Anzeige	Bild des Verkehrsablaufs auf der untergeordneten Straße
Anzeige (optional)	Bild des Verkehrsablaufs auf der Autobahn / Schnellstraße
Schnittstelle Anzeigetafel	Generierung von Informationen für Verkehrsteilnehmer

Tab. 28: Einsatzszenario 3: Großveranstaltungen – Funktionalität in der Zentrale

Quelle: eigene Darstellung

Die Zentrale kann auch optional in eine abgesetzte Bedienstation vor Ort (am Veranstaltungsort) verlegt werden.

Einsatzszenario 3: Geplantes Ereignis – Veranstaltung

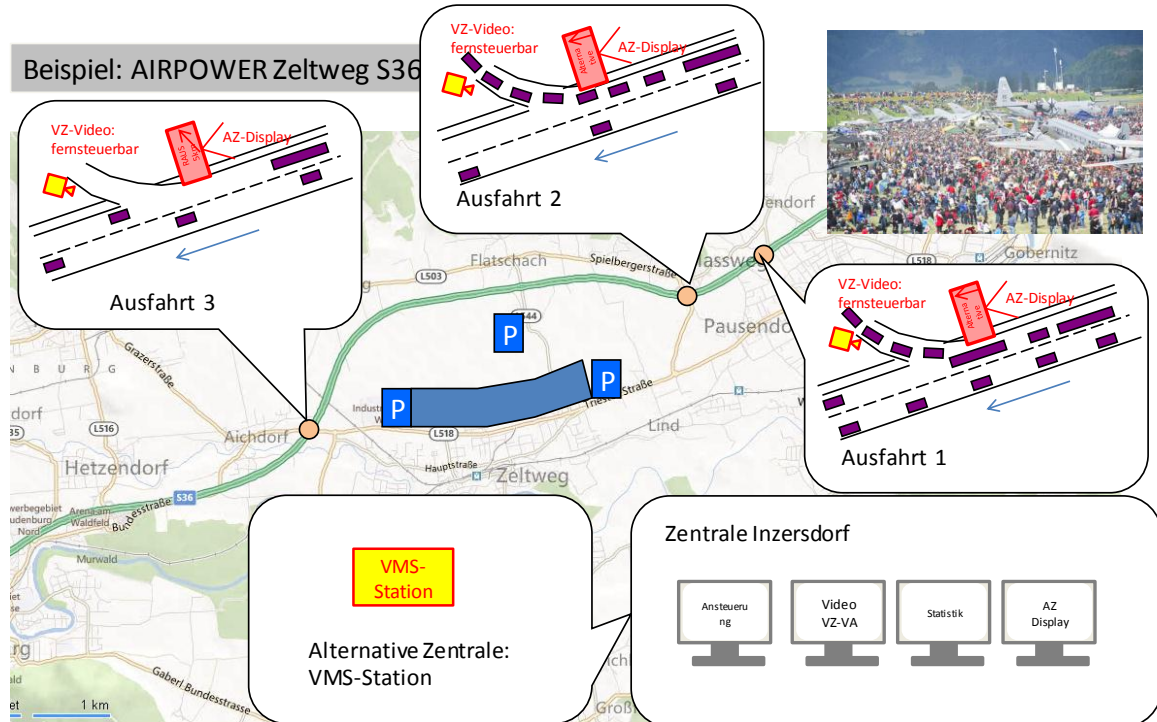


Abb. 33: Einsatzszenario 3: Großveranstaltung – Verkehrszustand im Ereignisfall mit mobilen VMS

Quelle: eigene Darstellung; Hintergrundgraphik: Bing; Foto: Kleine Zeitung

Ablauf des Ereignisses im Verkehrsmanagement mit mobilen VMS

Verkehrsgeschehen / Ablauf	Verfügbarkeit / Einschränkungen	Verkehrsmanagement
bei Verkehrsaufkommen unter der Kapazitätsgrenze bei den Zufahrten – geringfügige Einschränkungen (Erhöhung Reisezeit)	Parkplatzfüllung Verkehrsaufkommen	Beobachtung aktiv Überwachung des Zustandes: Sammlung von Einzelmeldungen – Ableitung eines Bilds für den Verkehrszustand
Parkplätze im Nahbereich des Veranstaltungsortes füllen sich		Beobachtung Rückstau AZ-Anzeige Sperre / Ableitung / Alternatives VM
Reaktion der Verkehrsteilnehmer bei Verkehrsaufkommen über der Kapazitätsgrenze Bildung	Sperre von Parkplätzen, Sperre	Meldung von Stauerscheinungen an die Zentrale; Einsatzzentrale -

<p>eines Rückstaus ausgehend von Zielparkplätzen bzw. Engstellen (Kreuzungen)</p> <p>Reaktion Verkehrsteilnehmer – Ausweichen auf Alternativroute</p> <p>Rückgang des Verkehrsaufkommens – Rückbildung des Staus bis zur Beginn der Veranstaltungen</p>	<p>von Zufahrtsrouten, Abfahrten von Autobahnen und Schnellstraßen</p>	<p>Verkehrsmeldung (Radio, TMC) - Information an Verkehrsteilnehmer – Ausweichrouten – Information an Ordnerdienste - Sperre</p> <p>Meldung über Alternative Parkplatzmöglichkeiten und Alternative Verkehrsmittel (Fußwege, Shuttlebusse etc.)</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tab. 29: Einsatzszenario 3: Großveranstaltung – Ablauf im Ereignisfall mit mobilen VMS – nur Anreise

Quelle: eigene Darstellung

Folgende Wirkungen sind durch Einsatz des MSdek VMS zu erwarten

- Rasche Reaktion auf kritische Verkehrszustände im untergeordneten Straßennetz, die eine negative Beeinflussung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen / Schnellstraßen zu Folge haben können,
- Aufrechterhaltung eines flüssigen Verkehrsablaufs auf der Autobahn / Schnellstraße durch rechtzeitige Reaktion auf Stauereignisse im untergeordneten Straßennetz im Bereich von Ausfahrten von Autobahnen / Schnellstraßen.

Folgende Anforderungen sind für das Einsatzszenario Unfall an das MSdek VMS zu stellen:

- Sichere und robuste Vernetzung einer großen Anzahl von aktiven Komponenten .
- Sichere und robuste Steuerungsmöglichkeit vieler aktiver Komponenten von einer abgesetzten Bedienstation mit einem oder mehreren Bedienplätzen

5.1.4 strategische Überwachung neuralgischer Streckenabschnitte und Schnittpunkte

Folgende Aktive Komponenten kommen zum Einsatz:

Aktive Komponente	Ort	Funktion
Verkehrsaufkommen-Sensor VA-Sensor	in einem ausreichenden Abstand vor der letzten Ausfahrt vor dem neuralgischen Streckenabschnitt / Schnittpunkt mit Möglichkeit zu einer Alternativroute	Information des Disponenten mit statistisch aufbereiteten Messwerten über das Verkehrsaufkommen (optional Geschwindigkeit) im Vorfeld der Baustelle
Anzeige und Informationssystem AZ-Display	in einem ausreichenden Abstand vor letzten Ausfahrt vor dem neuralgischen Streckenabschnitt / Schnittpunkt mit Möglichkeit zu einer Alternativroute	Information der Verkehrsteilnehmer über Verkehrszustand, Ableitung, Alternativroute
Verkehrszustand-Sensor VZ-Sensor (OPTIONAL)	unmittelbar vor dem neuralgischen Streckenabschnitt / Schnittpunkt	Zusatzinformation des Disponenten in der Leitzentrale – Verkehrsablauf im neuralgischen Streckenabschnitt / Schnittpunkt

Tab. 30: Einsatzszenario 4: neuralgischer Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Einsatz Aktiver Komponenten

Quelle: eigene Darstellung

Folgende Komponenten der Zentrale kommen zum Einsatz:

Komponente in der Zentrale	Funktionen
Zentrale Software	Konfiguration des Ereignisses Konfiguration der eingesetzten aktiven Komponenten
Anzeige	Messdaten / Statistiken / Warnung Schwellwertüberschreitung
Anzeige	Bild des Messquerschnitts – visuelle Kontrolle Verkehrszustand
Anzeige (optional)	Bild der Stausituation im Abschnitt / Schnittpunkt
Schnittstelle Anzeigetafel	Generierung von Informationen für Verkehrsteilnehmer

Tab. 31: Einsatzszenario 4: neuralgischer Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Funktionalität in der Zentrale

Quelle: eigene Darstellung

Einsatzszenario 4: Geplantes Ereignis – neuralgische Abschnitte

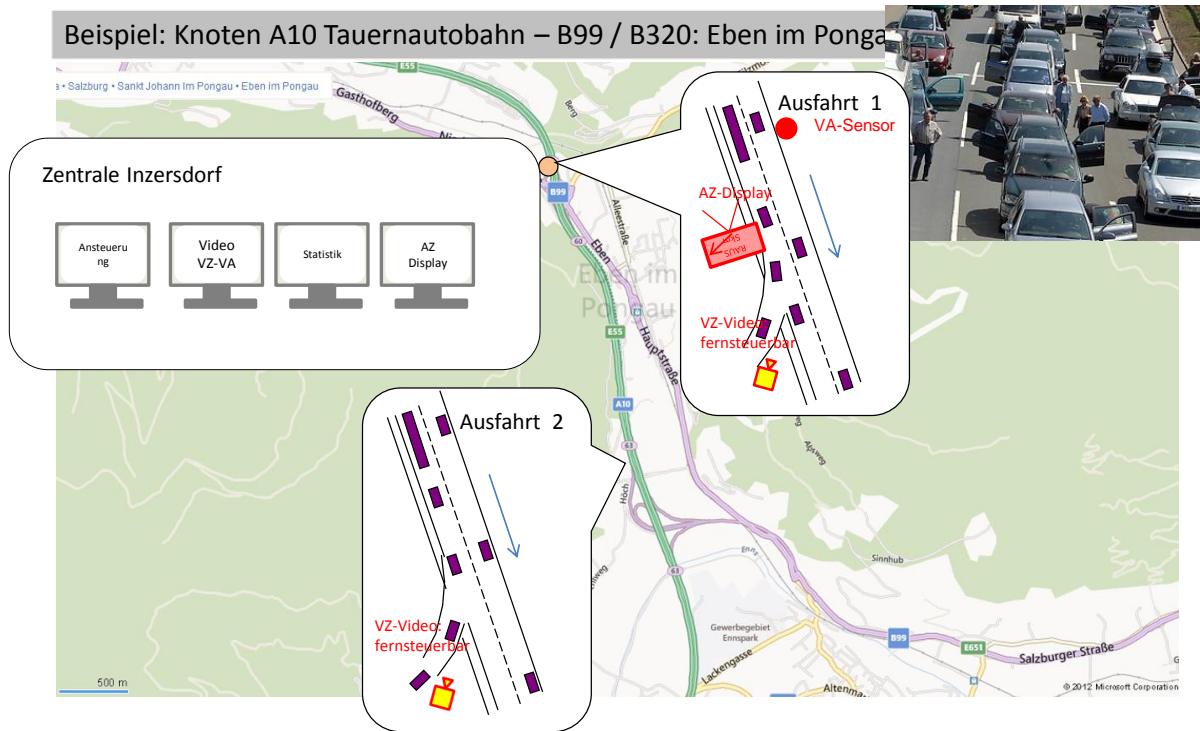


Abb. 34: Einsatzszenario 4: Neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Verkehrszustand im Ereignisfall mit mobilen VMS

Quelle: eigene Darstellung; Hintergrundgraphik: Bing; Foto: autoblog

Verkehrsgeschehen / Ablauf	Verfügbarkeit / Einschränkungen	Verkehrsmanagement
bei Verkehrsaufkommen unter der Kapazitätsgrenze im neuralgischen Streckenabschnitt bzw. Schnittpunkt – keine Einschränkungen		Messung aktiv Anzeigetafel aktiv
bei Verkehrsaufkommen über der Kapazitätsgrenze, „zähes“ – stauanfälliges Verkehrsaufkommen bis zur		Warnung Schwellwertüberschreitung

<p>Bildung eines Rückstaus ausgehend von den engeren Querschnitten</p> <p>Reaktion der Verkehrsteilnehmer in unmittelbarer Anfahrt auf den neuralgischen Streckenabschnitt /Schnittpunkt vor der letzten Ausweichmöglichkeit</p> <p>Reaktion Verkehrsteilnehmer – Ausweichen auf Alternativroute</p> <p>Rückgang des Verkehrsaufkommens – Rückbildung des Staus bis zur Auflösung des Staus</p>		<p>AZ-Anzeige Ableitung</p> <p>Meldung von Stauerscheinungen an die Zentrale; Einsatzzentrale - Verkehrsmeldung (Radio, TMC) - Information an Verkehrsteilnehmer – Ausweichrouten</p> <p>Meldung des Endes der Stauerscheinungen an die Zentrale; Aufhebung der Alternativroutenempfehlung</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tab. 32: Einsatzszenario 4: Neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte – Ablauf im Ereignisfall mit mobilen VMS

Quelle: eigene Darstellung

Folgende Wirkungen sind durch Einsatz des MSdek VMS zu erwarten

- Verminderung des Stauaufbaus im Abschnitt zwischen neuralgischem Streckenabschnitt / Schnittpunkt und letzter Ausfahrt davor mit Alternativroute bzw. im Abschnitt vor letzter Ausfahrt mit Möglichkeit zur Nutzung einer Alternativroute und
- Beschleunigung der Auflösung des Staus durch Verminderung des Zuflusses zum Stau.

Folgende Anforderungen sind für das Einsatzszenario Unfall an das MSdek VMS zu stellen:

- Schwellwertbestimmung ist an Einschränkung durch Baustelle möglichst genau abzustimmen.
- Sensorik soll robust und verlässlich Daten liefern:
 - Tag / Dämmerung / Nacht
 - Niederschlag / Nebel
 - Verschmutzungen der Linse des Bild-Sensors

5.2 Einsatzbedingungen und Systemgrenzen

Die Einsatzbedingungen für mobile Outdoor Videosysteme sind in der Praxis mit drei wesentlichen kritischen Erfolgsfaktoren verbunden. Diese sind

- Wetterbedingungen
- Stromversorgung
- Kontrollierbarkeit

Um möglichst gute Erfolge erzielen zu können, sind umfangreiche Kenntnisse und große Erfahrung in diesen Bereichen nötig. Die Autoren haben in diesen Bereichen eine mehr als vierjährige Erfahrung im Umgang mit videobasierten Verkehrsmanagementsystemen in Forschungsprojekten und in der kommerziellen Anwendung inklusive der Entwicklung der benötigten Softwarealgorithmen sowie mehr als 12 Jahre Erfahrung im Bereich der digitalen Langzeitvideoaufzeichnung samt deren Anwendung in über 350 Videoprojekten aller Größenordnungen.

Neben dem vorhandenen Know-How wurde in umfangreichen Tests (Videos, Bilder, Testreihen, etc.) versucht, sowohl die Auflagen des Werkvertrages als auch sonstige wesentliche kritische Erfolgsfaktoren zu beleuchten um die Machbarkeit des Vorhabens auch auf seine Praxistauglichkeit zu prüfen. Die Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

5.2.1 Wetter, Licht und Umwelteinflüsse

Einleitend sei im Zusammenhang mit der Abhängigkeit von Videoaufnahmen mit Wetter-, Licht- und Umwelteinflüssen folgender Vergleich gezogen. In den seltensten Fällen kann die Kameratechnologie im Standardeinsatz mehr erkennen oder liefert bessere Resultate als das menschliche Auge. Das bedeutet, wenn die Umwelteinflüsse so schwierig sind, dass man mit dem menschlichen Auge Erkennungsprobleme hat, wird dies meistens auch mit Kameratechnologie der Fall sein.

Im Werkvertrag wurde folgendem Aspekt besondere Aufmerksamkeit geschenkt:
 Auflage: „Die Robustheit des Videosensors bei Dämmerung, schlechten Sichtverhältnissen, widrigen Witterungsbedingungen und verschmutzter Scheibe muss in der Machbarkeitsstudie gezeigt werden.“⁴⁰

⁴⁰ Werkvertrag über die Erbringung von Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen, Seite 4

Im Zuge des durch die FFG geförderten Forschungsprojekts MSdek-plus, wurde ein Langzeittest mit für den Outdoor Einsatz geeigneten Komponenten durchgeführt.

Unter anderen kam hier ein LEC-2026 Outdoor PC als auch AXIS Kamerakomponenten zum Einsatz. Während der einjährigen Testphase konnten die Geräte bei allen Wettersituationen im Echteininsatz als Verkehrssensorik getestet werden.

Eine laufende Wetterdokumentation während dieser Testphase erlaubte eine Belegbaren Einsatztemperaturbereich der Komponenten zwischen -17° und + 38° Celsius. Die Recheneinheit war in einer Outdoor-Box untergebracht, welche der Sonneneinstrahlung sowie Wind und Wetter ausgesetzt war. Während des Betriebs wurden Innentemperaturen der Recheneinheit bis ca. 80° Celsius gemessen.

Die eingesetzten Komponenten erwiesen sich als äußerst zuverlässig und standfest.

Diese Ergebnisse sind neben der praktischen Umsetzungserfahrung eine wesentliche Grundlage der Beurteilbarkeit der Eignung von Geräten für den anspruchsvollen Outdooreinsatz.

Erstellt	Outdoor Server Check	Sensorik: Kamera Check	Sensorik: Radar Check	W- LAN Verbindung Check	Status	Wetter Situation
22.08.2011 16:55	Funktioniert	Funktioniert	Funktioniert	Funktioniert	o.k.	Unverändert bei 30°.
23.08.2011 08:15	Funktioniert	Funktioniert	Funktioniert	Funktioniert EINGESCHRÄNKT	FEHLER	
23.08.2011 09:10	Funktioniert	Funktioniert	Funktioniert EINGESCHRÄNKT	Funktioniert	FEHLER	heißer Sommertag bei bereits 23° um 9:00Uhr
23.08.2011 16:49	Funktioniert	Funktioniert	Funktioniert EINGESCHRÄNKT	Funktioniert	FEHLER	Sehr heißer Hochsommertag mit jetzt um 17:00 Uhr noch immer 34° Hitze
24.08.2011 08:17	Funktioniert	Funktioniert	Funktioniert EINGESCHRÄNKT	Funktioniert	FEHLER	schöner Sommertag bei 20° am Morgen
24.08.2011 16:50	Funktioniert	Funktioniert	Funktioniert EINGESCHRÄNKT	Funktioniert	FEHLER	extrem heißer und schwüler Hochsommertag bei bis zu 36°
25.08.2011 08:16	Funktioniert	Funktioniert	Funktioniert EINGESCHRÄNKT	Funktioniert	FEHLER	schöner Sommertag mit bereits 20° am Morgen
25.08.2011 16:47	Funktioniert	Funktioniert	Funktioniert EINGESCHRÄNKT	Funktioniert	FEHLER	heißer und schwüler Hochsommertag bei 37°

Abb. X: Wetterstatistik und Funktionskontrolle (Auszug aus Jahrestest)

Quelle: eigene Darstellung aus Sharepoint – Projektportal (Msdek-plus)

Eine sehr gut darstellbare Grenzsituation für den Einsatz dieser Komponenten ist ein Projekt aus dem Winter 2010/11 (Dezember 2010) aus dem Bereich Liezen. In einer Messanordnung, die noch dazu auf einer Sensorkette beruhte, sollten Messungen zur Eingangsdatengewinnung für eine mikroskopische Verkehrsflusssimulation gewonnen werden. Die Wetterbedingungen: Schneefall über mehrere Tage, Schneesturm,

schlechteste Sicht, Nässe, Temperaturbereiche zwischen -10 und -17 Grad Celsius. Siehe auch nachstehende Bilder.

Die Messanordnung konnte unter größten Anstrengungen zwar zum Laufen gebracht werden, dennoch war es nicht zuletzt aufgrund der verknüpften Sensorkette an insgesamt vier Messstationen sehr schwierig zu Ergebnissen zu kommen, weil die Ergebnisse erst dann gültig waren, wenn alle Sensoren gleichzeitig funktionierten. Da es immer wieder zu einzelner, unterschiedlicher Ausfälle gekommen ist, musste man sich letztendlich mit nur wenigen Messergebnissen begnügen. Diese Erfahrung zeigte doch recht deutlich die Einsatzgrenzen auf; einzelne Faktoren (z.B. tiefe Temperaturen) sind noch nicht die große Herausforderung. Schwierig wird es bei Kombinationen unterschiedlicher Problemfaktoren, vor allem dann wenn es auch noch einen komplexen Messaufbau gibt. Deshalb ist es wesentlich eine möglichst gute Trennung dieser Einflussfaktoren zustande zu bringen, ein nicht allzu komplexes System ist sicher ein sehr wesentlicher Beitrag – darauf wurde in der Systemkonzeption großer Wert gelegt, ohne aber dass die Ergebnisorientierung verloren ging.



Abb. 35: Grenzsituation Wetter: Projekt Liezen in Verbindung mit Sensorkette

Quelle: eigene Darstellung

Aufnahmen in der Dämmerung haben zwei in der Bildverarbeitung sehr unangenehme Eigenschaften. Aufgrund der nachlassenden Lichtstärke sind starke Artefakte in den Bildern erkennbar (pixelnder Hintergrund – vor allem bei Farbaufnahmen, deshalb auch

automatische Umschaltung der Kameras auf den wesentlich stärkeren S/W-Modus) und sind vor allem Blendungen durch das Scheinwerferlicht der Fahrzeuge gegeben. Diese Blendungen würden ein Object tracking als Grundlage der Verkehrszählung nicht mehr ermöglichen, da eine Trennung der Fahrzeuge nicht mehr durchführbar ist.

Die nachfolgenden Videos sollen diese Zusammenhänge zeigen. Diese sind über Klick aufrufbar.



Abb. 36: Video: Dämmerungsaufnahme mit Standardeinstellungen

Quelle: eigene Darstellung; [Video abrufen!](#)

Lösungsweg: Blende schließen. Damit erfolgen auch ein Herausfiltern des typischen Pixels in der Dämmerung und eine klare Abgrenzung zur Fahrzeugbeleuchtung. Damit wird Object Tracking wieder möglich (siehe folgendes Video).



Abb. 37: Video: Dämmerungsaufnahmen mit geschlossener Blende

Quelle: eigene Darstellung; [Video abrufen!](#)

Ähnliches gilt für schlechte Sichtverhältnisse und widrige Witterungsbedingungen:



Abb. 38: Video: Regenaufnahme aus Position A

Quelle: eigene Darstellung; [Video abrufen!](#)



Abb. 39: Video: Regenaufnahme aus Position B

Quelle: eigene Darstellung; [Video abrufen!](#)



Abb. 40: Video: Nebel und schlechte Sicht

Quelle: eigene Darstellung; [Video abrufen!](#)

Grundsätzlich ist zu sagen, dass zum Zeitpunkt der Studiererstellung (Frühjahr/Sommer) wirklich schwierige Wettersituationen eher nicht anzutreffen waren. Die nachfolgenden Aufnahmen einer verschmutzten Linse wurden mit präpariertem Wasser und einem Zerstäuber simuliert. Es ist zu erkennen, dass das Object tracking selbst bei ziemlicher Verschmutzung funktioniert.



Abb. 41: Video: Aufnahme bei verschmutzten Scheiben

Quelle: eigene Darstellung; [Video abrufen!](#)

Erst bei nachfolgend festgehaltener wirklich sehr hochgradiger Verschmutzung wird es problematisch. Hier gilt – wie bereits – eingangs erwähnt: Wenn es für das menschliche Auge beginnt in der Erkennung schwierig zu werden, so gilt dies auch für ein Kamerasystem.



Abb. 42: Video: extrem verschmutzte Scheibe

Quelle: eigene Darstellung; [Video abrufen!](#)

Lösungsweg AXIS Q6035-E

Die nach unten gerichtete klare Kuppel aus Acrylglas ist so konzipiert, dass eine sich festsetzende Verschmutzung durch Regen oder Gischte möglichst gut vermieden werden kann. Unterstützend empfiehlt sich für Einsätze bei besonders widrigen Witterungsbedingungen noch zusätzlich eine Nano-Beschichtung auf die Acrylglas Kuppel aufzutragen.

5.2.2 Betriebszeiten

Eine autarke Stromversorgung für Anlagen, die hier betrachtet werden ist eine durchaus diffizile Anforderung. Akkus haben verhältnismäßig wenig Kapazitäten, die noch dazu schwer kontrollierbar sind, müssen transportabel sein, sind nicht billig und unterliegen einem beachtlichen Verschleiß, erfordern Wartung und Kontrolle. Laden vor Ort ist kompliziert, Alternativen kaum möglich. Das bedeutet, dass auch hier eine gewisse Erfahrung in der Konstruktion und im Betrieb solcher Stromversorgungen gegeben sein sollte.

Um die Laufzeit von Akkus zu bestimmen gibt es einige Abhängigkeiten, die ein simples Errechnen der Laufzeit ein wenig verkomplizieren bzw. eine gewisse Unschärfe verursachen. Einflussgrößen sind:

- Umgebungstemperatur beim Entladen (wesentlich),
- Alter des Akkus (Zyklenzahl),
- Lagerung (Selbstentladung),
- Ausgangsladung
- Strombedarf anderer Peripherieverbraucher (z.B. Wechselrichter)

Dennoch gilt annähernd folgende Formel zur Errechnung der Betriebszeit (ebenso durch Tests in der Praxis untermauert):

Laufzeit = (Kapazität – 30% Restladung) x Batteriespannung geteilt durch Leistung des Verbrauchers.

$$t = \frac{(C-30\%) \times U}{P}$$

Die Lebensdauer bzw. die Laufzeit einer Akkueinheit ist von den Einsatztemperaturen sowie von den Ladezyklen abhängig. Die in der Konzeption exemplarisch angeführten Banner Dry Bull DB 140 Blei Gel Akkus sind wartungsfrei und zyklentest.

Die nachfolgenden Berechnungen stützen sich auf die vom jeweiligen Hersteller angegebenen Leistungsbedarf der Verbraucher lt. Datenblatt. Erfahrungsgemäß liegt der tatsächliche Strombedarf meist unter diesen Werten der Hersteller. Angeführt findet man daher auch die Realbetriebszeiten auf Basis der gesammelten Erfahrungen im Umgang mit den angeführten Komponenten.

Einsatzdauer

Bei Langzeiteinsätzen ist es erforderlich, entweder die Akku-Einheiten auszutauschen und diese durch frisch aufgeladene zu ersetzen oder regelmäßig vor Ort zu laden.

Zur Zuladung können verschiedenste 230V Stromquellen herangezogen werden. Dies können Photovoltaikzellen, handelsübliche Brennstoffzellen (Betrieb mit Methanol), Benzin/Diesel – Aggregate und natürlich vorhandene Anschlüsse an Energieversorger

(„Steckdose“) sein. Als wirklich praktikabel hat sich aber nur die Aufladung an einer herkömmlichen Steckdose (vor Ort oder extern) bzw. der Einsatz von Dieselaggregaten herausgestellt. Die alternativen Möglichkeiten haben entweder zu geringe Leistung (Brennstoffzelle) oder sind in ihrem Betrieb zu arbeitsintensiv (Flächenbedarf Photovoltaik) bzw. wetterabhängig (PV).

Exemplarisch wird nachfolgend die Laufzeitberechnung unter Verwendung eines handelsüblichen 5,2KW Stromaggregats dargestellt.

Errechnete Betriebszeit des VZ Sensor

Der durchschnittliche Strombedarf des VZ Sensors liegt laut Hersteller bei einer Nennleistung von 60 Watt. Dieser angegebene Wert versteht sich als Maximalleistung bei Vollbelastung, wenn beispielsweise Heizung, Bildstabilisation und Bewegungsmechanik der Kamera aktiv sind.

Erfahrungsgemäß ist bei normalem Einsatz mit einem Durchschnittsleistungsbedarf von ca. 20 Watt zu rechnen.

Zu berücksichtigen sind neben den aktiven Komponenten in der Laufzeitberechnung auch noch das Internetmodem sowie der Wechselrichter und die Regelung der Spannungsversorgung. Diese Komponenten weisen einen gemeinsamen Strombedarf lt. Herstellerangaben von ca. 50 Watt auf. Bei Standard Netzabdeckung und regulären Betrieb ist erfahrungsmäßig mit einem kombinierten Verbrauch von ca. 35 Watt zu rechnen.

Bei 12 Volt Betriebsspannung auf einem 140Ah Akku, ergibt das bei einer kombinierten Nennleistung der angeführten Komponenten von ca. 110 Watt lt. Herstellerdatenblatt, eine berechnete Betriebszeit von ca. 10,5 Stunden bei einer Akku Restenergie von 30%.

Im Realeinsatz ist mit einer benötigten Durchschnittsleistung des VZ Sensors von ca. 30 Watt zu rechnen. Somit ist mit einem kombinierten Realbedarf von ca. 55 Watt zu rechnen. Daraus ergibt sich eine zu erwartende Realbetriebszeit von ca. 21 Stunden bei einer Akku Restenergie von 30%. Dies ist natürlich in Abhängigkeit zu den eingangs erwähnten Einflussfaktoren zu sehen.

Errechnete Betriebszeit des VA Sensors

Der durchschnittliche Strombedarf des VA Sensors liegt laut Hersteller bei kombinierten ca. 170 Watt, wobei der Leistungsbedarf der Recheneinheit mit 60 Watt lt. Datenblatt

berücksichtigt wurde. Bei 12 Volt Betriebsspannung auf einem 140Ah Akku, ergibt das eine berechnete Betriebszeit von ca. 7 Stunden, bei einer Akku Restenergie von 30%.

Im Realeinsatz der Recheneinheit ergab eine kontinuierliche Messung des Leistungsbedarfs jedoch nur sehr selten einen Mehrbedarf als 20 Watt, da hier stromsparende Technologien wie z.B. SSD Speichermedien zum Einsatz kommen.

Die Kombinierte Leistung aller Geräte liegt somit bei 75 Watt.

Bei 12 Volt Betriebsspannung auf einem 140Ah Akku, ergibt das eine zu erwartende Realbetriebszeit von ca. 15,5 Stunden, bei einer Akku Restenergie von 30%.

Für längere Einsätze besteht auch die Möglichkeit bis zu vier Akku-Einheiten auf eine Gesamtkapazität von 560Ah zusammenzuschließen. Bei 12 Volt Betriebsspannung ergibt das eine berechnete Betriebszeit von ca. 60 Stunden, bei einer Akku Restenergie von 30%.

Errechnete Betriebszeit einer Color LED Anzeige im Format 1440mm x 960mm:

Der durchschnittliche Strombedarf des VA Sensors liegt laut Hersteller bei ca. 150 Watt, zzgl. die zusätzlichen Verbraucher Internetmodem und Wechselrichter.

Auch hier empfiehlt sich hier die Kombination mehrerer Akku-Einheiten. Bei der maximalen Akkubestückung von vier Akkuboxen (560Ah) ergibt dies bei 12 Volt Betriebsspannung eine berechnete Betriebszeit von ca. 25 Stunden, bei einer Akku Restenergie von 30%.

Langzeiteinsatz

Um einen Langzeitbetrieb (z.B. bei Baustellen) zu gewährleisten empfiehlt sich hier der kombinierte Einsatz des Stromerzeugers, der die Akkueinheiten in seiner ca. 9 stündigen Betriebszeit wieder vollständig lädt und während der Ladung die Anzeigeelemente speist. So kann nach der Ladung wiederum die entsprechende Laufzeit über die Akkuelemente realisiert werden. In dieser Zeit ist der 12 Liter Tank des exemplarisch zur Konzeption herangezogenen Diesel Stromerzeugers wieder zu befüllen. Ein Elektrostarter ermöglicht das impulsgesteuerte automatische Starten des Stromerzeugers nach einer gewissen Laufzeit der Akkuelemente.

5.2.3 DFÜ Verbindung

Alle VMS-Sensoren verfügen über ein eigenes mobiles Internetmodem, über das die Identifizierung, Steuerung, Programmierung und Bilddatenübertragung abgewickelt wird. Wesentlich ist die Versorgung mit einer möglichst guten Datenanbindung durch die jeweiligen Anbieter von mobilen Breitbanddiensten.

Die Kameraansteuerung (VZ Sensor zur laufenden Verkehrsbeobachtung und VA Sensor zur Justierung zur Verkehrsdatenerhebung) sowie die Anzeigentafelbeschickung werden von den die lokalen mobilen-Internetmodems als Download durchgeführt. Erfahrungsgemäß stehen den Systemen bei aktiver Mobilfunk- bzw. Mobiler-Internetversorgung für diese Aktionen immer ausreichend Downloadkapazitäten zur Verfügung. Das Wegsenden von Bildern oder Informationen über den vorhandenen Upload erfordert im Einsatz ein ressourcenschonendes Bilddatenformat und eine entsprechende Datenverschlüsselung.

Bildübertragung in H264 Bildformat

Dieser Video-Codec bietet eine sehr effiziente Bildkomprimierung und ist daher besonders gut zur Übertragung von Bildern bei niedrigen Bandbreiten z.B. bei Verwendung von mobilem Internet geeignet. Der Wirkungsgrad der Komprimierung liegt ca. dreimal so hoch wie bei MPEG-2.⁴¹

Die zur Einsatzzentrale zu übertragenden Bilddaten werden von den Kamera-Sensoren im Übertragungsformat H264 verschlüsselt übermittelt. Die vom VA-Sensor erhobenen Verkehrsdaten werden in Zusammenhang mit dem jeweiligen Bild angezeigt.

Nachfolgende Tabelle zeigt die Datenübertragung einer AXIS Q6035-E Kamera über ein Mobiles-Internetmodem bei verschiedenen Auflösungen, Bildraten und Übertragungsformaten. Deutlich zu erkennen ist der Unterschied des Bandbreitenbedarfs in kb/s im Standard Motion-JPG zum ressourcenschonenden H264 Bildformat.

Zu beachten ist auch, dass die Qualität der Übertragungsgeschwindigkeit während dem Betrieb teilweise stark schwanken kann. Hier gibt es verschiedene beeinflussende Faktoren wie z.B. wie viele mobile Internetnutzer sich gerade in der verwendeten Mobilfunkzelle aktiv verhalten.

⁴¹ Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.): H 264, 2012.

Der Test wurde unter Realbedingungen durchgeführt, d.h. Bandbreitenschwankungen können auch durch sich ändernde Elemente im Bild auftreten (hohe Bildänderungsrate bedeutet mehr Bandbreitenbedarf). Das Ergebnis zeigt aber deutlich den Vorteil des Bildformates H264.

Format	Auflösung	1 fps	2 fps	5fps	10fps
MJPG	1280x720	700 kb/s	1200 kb/s	3000 kb/s	6000 kb/s
H264	1280x720	120 kb/s	140 kb/s	165 kb/s	180 kb/s
H264	320x180	52 kb/s	68 kb/s	82 kb/s	103 kb/s
H264	800x450	70 kb/s	79 kb/s	87 kb/s	110 kb/s
MJPG	320x180	108 kb/s	190 kb/s	368 kb/s	730 kb/s
MJPG	800x450	274 kb/s	740 kb/s	1600 kb/s	3300 kb/s

Tab. 33: Bandbreitenbedarf in Abhängigkeit von Bildformat und Bildwiederholung

Quelle: eigene Darstellung

Das nachfolgende Bildmaterial veranschaulicht die zu erwartenden Qualitäten in den verschiedenen Auflösungen, Geschwindigkeiten (fps) und Bilddatenformaten.



Abb. 43: Testbild bei einer Auflösung von 320x180 Pixeln / H264

Quelle: eigene Darstellung

MSdek Verkehrstechnik



Abb. 44: Testbild bei einer Auflösung von 800x450 Pixeln / H264

Quelle: eigene Darstellung

MSdek Verkehrstechnik



Abb. 45: Testbild bei einer Auflösung von 1920x1080 Pixeln (Full HD) / H264

Quelle: eigene Darstellung

Darstellung der Bildwiederholungsraten (Videos aufrufbar Strg+Klicken)

[2 fps / 1920x1080 / H264](#)

[5 fps / 1920x1080 / H264](#)

[10 fps / 1920x1080 / H264](#)

Tab. 34: Videos unterschiedlicher Bildwiederholfrquenzen (frames per second)

Quelle: eigene Darstellung

5.2.4 Montageerschwernis / Aufstellort

Einsatzgrenzen können sich natürlich auch aus problematischen Aufbausituationen ergeben. Deshalb ist es auch wichtig, dass Einsatzszenarien und mögliche Problemstellungen bereits im Vorfeld diskutiert werden.

Folgende Fragen sind dabei zu behandeln:

Wo kann überall montiert werden (aus technischer Sicht sinnvolle Orte)?

Welche Systeme können hier anzutreffen sein – wie kann darauf reagiert werden, welche Basiskomponenten sind wann zu verwenden?

Gewicht der Teilkomponenten – eventuell Abmessungen – wie sind die transportierbar?

Beispiel:

Die VA-Sensoren sollen möglichst im Trennbereich zwischen den Fahrbahnen aufgestellt werden und die Fahrstreifen immer von der inneren zur äußeren Fahrspur beobachten. Dies hat seinen Grund darin, dass etwaige Abschattungseffekte bei der Verkehrszählung bei dieser Art der Aufstellung weit unwahrscheinlicher sind, als umgekehrt, da LKW's sich meist auf der rechten Fahrspur aufhalten und so bei einem Nebeneinanderfahren die Abschattungswahrscheinlichkeit geringer ist bzw. durch Plausibilitätsalgorithmen verringert werden kann. Dadurch erhöht sich die Zählgenauigkeit drastisch. Alternativ zu dieser Aufstellungsform ist natürlich eine Montage auf einer Brücke oder in sonstiger Höhenlage zu bevorzugen. Dies kann in einer Planung so berücksichtigt werden.

5.2.5 Einsatzverfügbarkeit der Geräte

Die zu beachtende Einsatzbedingung ist letztendlich auch die Einsatzverfügbarkeit der Geräte. Diese Einsatzverfügbarkeit ist in der Planung entsprechend zu berücksichtigen und abhängig von

- Menge der Geräte und Komponenten. Diese Menge ist schon durch den modularen Systemaufbau (vor allem im Bereich der Passiv- und der Basiskomponenten) optimiert, dennoch darf dies nicht vernachlässigt werden.
- Verfügbarkeit der Stromversorgungsmodule (Akkus) in passender Zahl zu den geplanten Einsätzen
- Transportwege von teuren Gerätschaften (z.B. bei etwaigen Zusammenziehen von Anzeigeelementen bei Großveranstaltungen)
- Wartung und Reparatur von Komponenten. Besonders wichtig bei Akkus.

- Überblick über die vorhandenen Gerätschaften – dies ist durch die zentrale Software im Wesentlichen gewährleistet.

5.3 Beschaffung und Kostenabschätzung

Das Verfahren des pre-commercial-procurement ist ein neuartiges Instrument zur Entwicklung von Ideen und Lösungen für den öffentlichen Bedarf. „Basis ist ein durch den Auftraggeber finanzierter Entwicklungsvertrag zwischen der beschaffenden Stelle und Unternehmen, mit dem Ziel, innovative Lösungen auf ihre Machbarkeit zu testen und bis zu einem Prototypstadium zu entwickeln.“⁴²

Aus dem Spannungsbogen der Innovationsentwicklung und der dadurch am Markt eingeschränkten Verfügbarkeit dieser Produkte und einer wettbewerbskonformen Beschaffung ergeben sich einige zukünftig zu lösende Fragestellungen in einer Ausschreibungsgestaltung.⁴³

„Die ASFINAG setzt in ihren Prozessketten auf

- die Einhaltung der gemeinschaftsrechtlichen Grundfreiheiten (freier Waren- und Dienstleistungsverkehr),
- die Gleichbehandlung aller Bewerber und Bieter,
- die diskriminierungsfreie, transparente und rechtsstaatliche Vergabe von Aufträgen und
- eine nachhaltige Beschaffung“.⁴⁴

Eine Möglichkeit zur weiteren Vorgehensweise in der auf den Prototypen folgenden Beschaffung könnte eine passende Splittung von Vergabelosen sein:

Bewusst erfolgt der Einsatz von am Markt verfügbaren Industriekomponenten, wie Kameras, Anzeigeelementen, Recheneinheiten und Teilkomponenten, die den größten Teil der Investitionen im Rahmen einer Beschaffung ausmachen. Dies ermöglicht eine einfache, standardisierbare, wettbewerbskonforme Ausschreibung. Andere auszuschreibende Bereiche könnten Komponentenassemblierung, Einsatzvorbereitung, Teile der Wartung oder ähnliches sein.

⁴² FFG (Hrsg.), Binder M.: News vom 23.08.2011 - 14:00, 2011.

⁴³ Gespräch mit Dr. Christian Pecharda, FFG, 19.10.2012

⁴⁴ ASFINAG (Hrsg.): Geschäftsbericht 2011, 2011.

Um eine Kostendimension abzubilden, soll nachfolgende Tabelle einen Überblick darstellen. Alle genannten Preise sind vollkommen unterhandelte, von Stückzahlen unabhängige Listenpreise und teilweise Schätzungen. Für einen ersten Eindruck um ein kommendes Investitionsvolumen bei den gewünschten Stückzahlen abzuschätzen, sollte dies ausreichend sein.

Komponente	Typenvorschlag	Kosten von	Kosten bis
aktive Komponenten			
VZ Sensor	AXIS Q6032-E / Q6035-E	2.500,00 €	3.500,00 €
VA Sensor Erweiterung	LEC2026 + Outdoor Box inkl. OS Lizenz / Softwarelizenz / Assemblierung / Einrichtung	2.000,00 €	2.500,00 €
LED Anzeigeelement Color	Inkl. DFÜ	10.000,00 €	15.000,00 €
LED Anzeigeelement Monochrom	Inkl. DFÜ	6.000,00 €	10.000,00 €
passive Komponenten			
DFÜ Box	TAINY HMOD-V3-IO Modem inkl. OutdoorBox / Verkabelung / Assemblierung / Einrichtung	750,00 €	1.000,00 €
Akku Einheit	Banner Dry-BULL 140Ah + Schnellader+Wechselrichter + ggf. Thermostat/Heizung + Gehäuse + Steckverbindungen + Assemblierung	1.400,00 €	1.900,00 €
Spannungsversorgungs Box	SPS mit Steuerung der Akkueinheiten + Outdoorbox + Assemblierung	750,00 €	1.200,00 €
Stromerzeuger	Diverse Aggregate / Brennstoffzelle	1.000,00 €	5.000,00 €
Teleskopmastsystem	Edelstahlkonstruktion *	300,00 €	600,00 €
Basiskomponenten	Div. /Sockel / Dreibein / Klemmschienen... *	200,00 €	1.000,00 €
Zentrale	Sollte im Wesentlichen im Prototypen enthalten sein; Weiterentwicklungen oder Zusätze dzt. nicht abschätzbar	00,00 €	00,00 €

* Preisschätzung pro Einheit

Tab. 35: Kostenabschätzung für zukünftige Beschaffung

Quelle: eigene Darstellung

5.4 Bewertung – Machbarkeit

5.4.1 Bewertungskriterien und Bewertungsmaßstab

Aus den Zielen der ASFINAG lassen sich folgende Bewertungskriterien als Grundlage der Beurteilung einer Machbarkeit eines mobilen Verkehrsmanagementsystems ableiten:

A) Ist die Möglichkeit zum Einsatz bei folgenden Einsatzszenarien gegeben?

- Einsatz bei spontanen Ereignissen
 - Unfallereignisse
- Einsatz als mobile Streckenbeeinflussungsanlage z.B. an
 - Baustellen
 - Neuralgische Streckenabschnitte auf Autobahnen und Schnellstraßen außerhalb der VBA-Gebiete (als temporäre Maßnahme)
 - Neuralgischen Schnittpunkten von Autobahnen und Schnellstraßen mit Bundes- und Landesstraßen
- Einsatz als mobile Netzbeeinflussungsanlage z.B. bei
 - Großveranstaltungen unter Einbeziehung des B+L-Netzes (z.B. Airpower, Nova Rock Festival, Skiweltcup am Semmering)

B) Ist eine Unterstützung der Arbeit des Disponenten in der ASFINAG Zentrale gegeben?

- Überwachung, Beobachtung und Analyse des Verkehrsflusses
- Messung/Berechnung von Durchfahrtszeiten
- Übermittlung der Verkehrsdaten und Videobilder an ASFINAG und Dritte
- Verarbeitung und Darstellung der Inputdaten als Grundlage für die Auswahl der Maßnahmen (in einer abgesetzten Bedienstation)
- Ableitbarkeit von Verkehrsmanagementempfehlungen und
- Ansteuerung dislozierter Anzeigegeräte
- Anzeigemöglichkeiten für Verkehrsinformationen
 - frei programmierbare Textinformationen, Verkehrszeichen an der Strecke
 - z.B. per LED-Matrix, beim Einfahren in den betroffenen Abschnitt)
- zeitgerechte Bereitstellung von Information an der Strecke (auch über mögliche Ausweichrouten)

C) Ist die Robustheit und Zuverlässigkeit des Systems im Normalbetrieb⁴⁵ gewährleistet?

- Zuverlässige Detektion
 - Wetter
 - Lichtverhältnisse
 - Umwelteinflüsse
- Zuverlässige Stromversorgung
 - Stromversorgung VZ / VA Sensor
 - Stromversorgung Anzeigetafel
- Zuverlässige Datenübertragung
 - DFÜ-Verbindung

D) Ist das System in den Arbeitsablauf der ASFINAG integrierbar?

- eigenständiges, insulares System (Energieversorgung und Datenübertragung)
 - autarke Stromversorgung und
 - Möglichkeit zum Anschluss an vorhandene Stromversorgung (230V/400V)
- Schnittstellen Daten
 - zur ASFINAG Verkehrssteuerung und dem ASFINAG Videosystem in Wien Inzersdorf sowie)
 - ausspezifizierte Datenschnittstelle (im Idealfall gemäß bereits verfügbarer Norm, z.B. KRI/TLS)
 - Möglichkeit zum Anschluss an vorhandene Datenleitung
- grundsätzlich getrenntes Systems (Software, Hardware) vom vorhandenen System in der Zentrale Inzersdorf

E) Ist das System effizient und effektiv im Handling einsetzbar?

- Systembestandteile so modular aufgebaut, dass sie untereinander austauschbar sind (Systemflexibilität)
- transportables, mobiles System (z.B. Anhänger oder Pkw-ähnliches KFZ),
- geringer Personaleinsatz - mit möglichst einer Person auf- und abbaubar)
- rasch zu installieren (in einem zu nennenden Radius betriebsbereit in 2 Stunden)
- gegen Diebstahl und Vandalismus geschützt

⁴⁵ Nicht beeinflussbare Systemgrenzen können einen Normalbetrieb unterbinden. Dies können bspw. extreme Wettersituationen oder das Nichtvorhandensein einer DFÜ-Netzabdeckung sein.

Bewertungsmaßstab

Die Bewertung des Erfüllungsgrades der Kriterien erfolgt mit einem qualitativen Bewertungsmaßstab mit einer vierteiligen Skala:

- voll erfüllt **++**
- zumeist erfüllt **+**
- teilweise nicht erfüllt **-**
- nicht erfüllt **--**

5.4.2 Bewertung Machbarkeit

Kriterium	
A) Ist die Möglichkeit zum Einsatz bei folgenden Einsatzszenarien gegeben?	Bewertung
Einsatz bei spontanen Ereignissen - Unfall	++
Einsatz als mobile Streckenbeeinflussungsanlage – Baustellen, neuralgische Streckenabschnitte und Schnittpunkte	++
Einsatz als mobile Netzbeeinflussungsanlage z.B. bei Großveranstaltungen	++
B) Ist eine Unterstützung der Arbeit des Disponenten in der ASFINAG Zentrale gegeben?	Bewertung
Überwachung, Beobachtung und Analyse des Verkehrsflusses	++
Messung/Berechnung von Durchfahrtszeiten	+
Übermittlung der Verkehrsdaten und Videobilder an ASFINAG und Dritte	++
Verarbeitung und Darstellung der Inputdaten	++
Ableitbarkeit von Verkehrsmanagementempfehlungen	++
Anzeigemöglichkeiten für Verkehrsinformationen	++

C) Ist die Robustheit und Zuverlässigkeit des Systems im Normalbetrieb⁴⁶ gewährleistet??	Bewertung
Zuverlässige Detektion	++
Zuverlässige Stromversorgung	++
Zuverlässige Datenübertragung	++
D) Ist das System in den Arbeitsablauf der ASFINAG integrierbar?	Bewertung
eigenständiges, insulares System (Energieversorgung und Datenübertragung)	++
Schnittstellen Daten ⁴⁷	+
Von anderen Zentralsystemen getrenntes System (Software, Hardware)	++
E) Ist das System effizient und effektiv im Handling einsetzbar?	Bewertung
Systemflexibilität	++
transportables, mobiles System	++
geringer Personaleinsatz - nur möglichst einer Person auf- und abbaubar	++
rasch zu installieren	++
gegen Diebstahl und Vandalismus geschützt ⁴⁸	+

Tab. 36: Bewertungskriterien Machbarkeit mit Bewertung des mobilen MSdek VMS

Quelle: eigene Darstellung

Es zeigt sich, dass mit dem Verkehrsmanagementsystem Msdek-VMS alle gestellten Anforderungen sehr gut bis gut erfüllt werden können, wobei die Machbarkeit in folgenden Bereichen beurteilt wurde:

- Einsatzfähigkeit für die betrachteten Einsatzszenarien
- Unterstützung des Disponenten in der Zentrale der ASFINAG
- Robustheit und Zuverlässigkeit des Systems im Normalbetrieb
- Integrierbarkeit des Systems in die Arbeitsabläufe der ASFINAG
- Effizienz und Effektivität im Handling

⁴⁶ Nicht beeinflussbare Systemgrenzen können einen Normalbetrieb unterbinden. Dies können bspw. extreme Wettersituationen oder das Nichtvorhandensein einer DFÜ-Netzabdeckung sein.

⁴⁷ Nach Spezifikation auszuprogrammieren

⁴⁸ Solche Vorfälle sind nie völlig ausschließbar

Als besondere Systemvorzüge haben sich herausgestellt:

- Modularer Aufbau der Teilkomponenten
- Hohe Einsatzflexibilität
- Geringer Personalbedarf in der Handhabung
- Einfache Verständlichkeit und Bedienbarkeit

Abschließend kann festgehalten werden, dass das System Msdek-VMS den gestellten Anforderungen der ASFINAG vollumfänglich entspricht und die Machbarkeit gegeben ist.

5.5 Innovationsgehalt der Entwicklung eines mobilen VMS

Der Innovationsgehalt kann festgemacht werden an der

- 1) Simplifizierung durch Reduktion auf eine Hauptkomponente für die Detektion, die sowohl Bild- als auch Messinformation aufnehmen und übertragen kann – dies sogar in Funktionseinheit
- 2) Modularität und damit Flexibilität des Gesamtsystems, das aus wenigen Elementen zusammenstellbar ist und an die Erfordernisse des Einsatzes optimal angepasst werden kann
- 3) Einfachheit der Handhabung des Gesamtsystems vom Bedienplatz des Disponenten mit programmgestützter Einsatzgenerierung und hinterlegten Einsatzszenarien und
- 4) Übertragbarkeit der Funktion des Bedienplatzes des Disponenten an jeden beliebigen Ort (mit Internetanschluss).

Damit lassen sich sämtliche Einsatzszenarien abbilden und mit einfachen Mittel in kürzester Zeit bewältigen, was insbesondere bei spontanen Ereignissen von hoher Bedeutung ist.

5.6 Entwicklungsrisiko

Risikomanagement wird im Zuge des Projektes als Teil des Projektmanagements behandelt. Zu Beginn identifizieren und bewerten alle Projektpartner gemeinsam die möglichen Entwicklungsrisiken, um darauf aufbauend ein Register mit möglichen Lösungsansätzen zur Reduzierung negativer Auswirkungen zu erarbeiten. Im Zuge der Antragsstellung wurden vorab folgende interne und externe Risiken identifiziert:

Entwicklungsrisiken (extern)	Lösungsansatz
Entwicklung Monitoringsystem (Machbarkeitsstudie)	Neue Schnittstellenlösungen stehen im Hintergrund, Verwendung bereits bestehender Lösungen. Um den Monitoringaufwand zu reduzieren, kann anstatt aktiver Konsultation („many to many“) nur passive Informationsbeschaffung („one to many“) verwirklicht werden.
Ungewissheit über tatsächliche Kombinierbarkeit verschiedener Systemkomponenten (Machbarkeitsstudie bzw. Prototypenentwicklung)	Stellen sich im Zuge der Recherche Zweifel über ein optimales Zusammenwirken von Systemkomponenten desselben Teilsystems oder verschiedener Teilsysteme heraus, die aber im Grundsatz die optimale Gesamtwirkung erzielen sollten, kann mit Hilfe von Versuchen und Tests (z.B. mit Leihstellung entsprechender Systemkomponenten – ohne dass zusätzliche Kosten entstehen) diese aus den Weg geräumt werden.
Eingeschränkte Verfügbarkeit standardisierter Systemkomponenten (Prototypenentwicklung)	Stellt sich im Zuge der Machbarkeitsstudie das Fehlen von passenden standardisierter Systemkomponenten heraus, kann darauf bei der Antragstellung für den zweiten Teil – der Prototypenentwicklung – entsprechend reagiert werden und die Neuentwicklung (eigen oder fremd) einkalkuliert werden.
Datenschutz (Machbarkeitsstudie bzw. Prototypenentwicklung)	Die Erfassung, Verarbeitung und Veröffentlichung von sensiblen Daten werden entsprechend dem Leitfaden für Datenschutz abgehandelt. Sensible Daten sind vor unerlaubten Zugriff zu sichern bzw. zu anonymisieren. Dabei wird beachtet.
Entwicklungsrisiken (intern)	Lösungsansatz
Ressourcenengpässe, Verspätung von Meilensteinen und Qualitätseinbußen	Durch detaillierte Ressourcenplanung, Fortschrittskontrolle und Parallelisieren der Arbeitsschritte werden Ressourcenengpässe und Terminverzögerungen vermieden. Deadlines sind zu kommunizieren und drohende Verspätungen dem PL rechtzeitig zu melden. Die PL hat die FFG bzw. den AG BMVIT/ASFINAG bei budgetären, zeitlichen und qualitativen Änderungen zu benachrichtigen.
Änderung des Stammpersonals	Die Projektpartner verfügen über erfahrenes und qualifiziertes wissenschaftliches Personal, welches bereits Projekte koordiniert hat. Im Falle einer unvorhersehbaren Änderung des Schlüsselpersonals kann die Qualität und Kontinuität gesichert werden.

Tab. 37: Entwicklungsrisiken und Lösungsansätze

Quelle: eigene Darstellung

6 ZUSAMMENFASSUNG

6.1 Ausgangssituation

Im hochrangigen, hochbelasteten Straßennetzen sind auch in Österreich stationäre Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) zur Streckenbeeinflussung (z.B. zur Geschwindigkeitsharmonisierung, Gefahrenwarnung etc.) aber auch zur Netzbeeinflussung (z.B. Alternativroutenempfehlung) im Einsatz. Verkehrszustände und Umfeldbedingungen werden detektiert und in komplexen Analyse- und Entscheidungsalgorithmen zu Informationen verarbeitet, die i.d.R. dem Straßenbenutzer mittels Überkopfdisplays angezeigt werden. Die VBA hat als Ziel einen Beitrag zur

- Leistungssteigerung der Infrastruktur als Alternative zur baulichen Vergrößerung,
- Reduktion der Staustunden und damit der Umweltbelastungen,
- Harmonisierung des Verkehrsflusses,
- flächendeckenden Verkehrsdatenerfassung,
- Steigerung der Verkehrssicherheit und
- Geschwindigkeitsregelung (i.d.R. Beschränkung)

zu leisten.

Auch außerhalb der bereits mit Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) überwachten Streckenabschnitten am Autobahnen- und Schnellstraßen-Netz (A+S) sowie am Bundesstraßen- und Landstraßen-Netz (B+L) treten Verkehrssituationen auf, die vorübergehend eine intensivere, kleinräumige Überwachung des Verkehrsflusses erfordern, so zum Beispiel bei Baustellen und Großereignissen.

Deshalb beabsichtigt die ASFINAG die Beschaffung mobiler Verkehrsmanagementsysteme mit deren Hilfe Einfluss auf den Verkehrsablauf genommen und entsprechende Information an die Verkehrsteilnehmer weitergeleitet werden kann. Erst durch diese zeitnahe Information sind akkordierte Verkehrsmanagementmaßnahmen inklusive einer Informationsübermittlung an die Verkehrsteilnehmer möglich.

Als Voraussetzung zur Beschaffung mobiler Verkehrsmanagementsysteme wurde ein zweistufiges PCP-Verfahren initiiert. In der ersten Stufe werden im Rahmen einer Machbarkeitsstudie Konzepte für die Funktionalität und Technologieeinsatz einwickelt. In der zweiten Stufe soll ein Prototyp entwickelt und getestet werden.

6.2 Zielsetzungen

Die ASFINAG als Betreiber und Errichter von Autobahnen und Schnellstraßen ist angehalten marktwirtschaftlich zu agieren, da ein wesentlicher Teil ihrer Einnahmen über Nutzerentgelte seiner Kunden, der Nutzer der Straßeninfrastruktur, eingespielt werden. Eines der vorrangigen Ziele ist daher die Erhöhung der Kundenzufriedenheit.

Dies soll im Wesentlichen durch Verbesserung des Angebots und Verbesserung der Information über den Verkehrszustand erreicht werden. Daraus abgeleitete technische Ziele sind daher die

- Optimierung des Verkehrsflusses, die
- Verbesserung der Verkehrssicherheit, die
- Erhöhung der Streckenverfügbarkeit und die
- Verbesserung der Verkehrsinformation.

Die Vorteile von Verkehrsmanagementsystemen sollen auch außerhalb der bereits mit Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) überwachten Streckenabschnitten am Autobahnen- und Schnellstraßen-Netz (A+S) nutzbar sein und zur Verbesserung der Verkehrsabwicklung durch Erfassung des Verkehrszustandes als Entscheidungsgrundlage für Verkehrsmanagementmaßnahmen und der entsprechenden Informationsweitergabe an die KFZ-Lenker genutzt werden können. Für ein Verkehrsmanagementsystem bei Spontanereignissen (z.B. Unfällen), für Baustellen und Großereignisse werden folgende technische Ziele formuliert:

- Einfaches, bedienungsfreundliches System,
- Zuverlässige Detektion des Verkehrsflusses bzw. des Verkehrszustands,
- Ableitbarkeit von Verkehrsmanagementempfehlungen und
- zeitgerechte Bereitstellung von Information an der Strecke (z.B. über mögliche Ausweichrouten), die für Kunden verständlich ist

Folgende Eigenschaften soll das System aufweisen:

- eigenständiges, insulares System: Energieversorgung und Datenübertragung
- transportables, mobiles System (z.B. Anhänger oder Pkw-ähnliches KFZ)
- geringer Personaleinsatz (nur möglichst durch eine Person auf- und abbaubar)
- rasch zu installieren (in einem zu nennenden Radius betriebsbereit in 2 Stunden)
- gegen Diebstahl und Vandalismus geschützt
- keine automatisierten Entscheidungsprozesse (diese fallen zentral in Inzersdorf)

Das System soll aus Mess-, Analyse- und Anzeigekomponenten bestehen.

6.3 Systemaufbau

Das Gesamtsystem besteht aus folgenden Teilsystemen:

1. Aktive Komponenten

- a. **Verkehrszustands (VZ) – Sensor:** Ermöglicht die Betrachtung einer Situation in der ASFINAG Einsatzzentrale über eine hochauflösende Schwenk/Neige/Zoom Kamera vor Ort. Bedient wird der VZ-Sensor von der Zentrale aus.
- b. **Verkehrsaufkommens (VA) – Sensor:** Ermittelt Verkehrsaufkommensdaten anhand einer Fahrzeugzählung über Video-Bilder (optional auch Geschwindigkeitsermittlung und Berechnung der Reisezeit) und ermöglicht auch gleichzeitig die Beobachtung des Verkehrsflusses. Die Sensorfeinjustierung und Verkehrsbeobachtung erfolgt über die ASFINAG Einsatzzentrale.
- c. **Anzeigeelement:** LED-Displays dienen zur Information und Verkehrsbeeinflussung. Diese werden von der ASFINAG Einsatzzentrale aus mit Informationen beschickt und können so direkten Einfluss auf das Verkehrsgeschehen nehmen

2. Passive Komponenten

- a. **Stromversorgung:** Je nach Einsatzszenario werden Akku-Einheiten, Stromerzeuger oder andere Stromquellen zum Betrieb der aktiven Komponenten genutzt. Die Stromversorgung erfolgt autark.
- b. **Datenfernübertragung:** Über eine mobile Datenverbindung erfolgt der Datentransfer von Bild und Verkehrsaufkommensdaten in die Einsatzzentrale. Von dort aus erfolgt die Steuerung der Kameras sowie der Anzeigesysteme.
- c. **Befestigungsgestänge:** Diese Elemente dienen dazu, die erforderliche Montagehöhe zur Verkehrszustands- und Verkehrsaufkommensbegutachtung zu erreichen und entsprechend zu sichern.

3. Basiskomponenten

Als Basis Komponenten werden all jene Elemente bezeichnet, die das Fundament zum Aufbau der Sensorik schaffen. Besonderen Wert wurde auf die unterschiedlichen Montagemöglichkeiten gelegt, welche auf die verschiedenen örtlichen Gegebenheiten abgestimmt werden können.

4. Zentrale

Die Steuerung, Kalibrierung und Beeinflussung der aktiven Komponenten erfolgt über eine zentrale Administrationssoftware, die je nach Einsatz individuell mit Sensorik und Anzeigesysteme bestückt werden kann. So ist es möglich sehr flexibel und schnell ein benötigtes Einsatzszenario zusammenzustellen und auch mehrere Situationen gleichzeitig zu bearbeiten.

6.4 Einsatzszenarien

Das mobile Verkehrsmanagementsystem soll in den routinemäßigen Ablauf im Verkehrsmanagement der ASFINAG im Rahmen der Verkehrsüberwachung und Verkehrsbeeinflussung eingebunden werden. In der Einsatzzentrale Inzersdorf der ASFINAG sollen von den mobilen Verkehrsmanagementsystemen sowohl relevante Messwerte, als auch Videobilder zur Beurteilung der Lage vor Ort zusammengeführt werden. Hier werden durch einen Disponenten Videobilder des Geschehens beurteilt und im Rahmen eines routinemäßigen Ablaufs Maßnahmen ergriffen. So sollen Textinformation (Umleitungsempfehlung etc.) oder Bildinformation (Verkehrszeichen z.B. Geschwindigkeitsbeschränkung) an Verkehrsteilnehmer vor Ort (mobile Anzeigeelemente) weitergegeben werden. Als Grundlage für die Konzeption des Systems eines mobilen VMS werden folgende vier Einsatzszenarien definiert:

- Unfall
- Baustelle
- Großveranstaltung
- neuralgische Streckenabschnitte

Diese Einsatzszenarien stellen unterschiedliche Anforderungen an ein mobiles Verkehrsmanagementsystem dar; die Systemkomponenten werden in unterschiedlicher Kombination eingesetzt. Diese Kombination ergibt sich aus den reaktiven („Stauaufbau verlangsamen“ und „Stauabbau beschleunigen“) und präventiven Strategien („Staubildung unterbinden“) und den möglichen Handlungsspielräumen der Einsatzzentrale (Sperrung einer Ausfahrt oder Ableitung über eine Alternativroute) und den entsprechenden Informationen an die Verkehrsteilnehmer (Stauwarnung, Information Sperrung, Ableitung und/oder Alternativroute).

Die Unterschiede (vor allem beim Einsatz der aktiven Komponenten) zeigen sich an den beiden Einsatzszenarien „Unfall“ und „Baustelle“ sehr deutlich. Bei dem spontanen Ereignis eines Unfalls werden folgende aktive Elemente zumindest benötigt:

- VZ-Sensor: Beobachtung des Verkehrszustand bei der Unfallstelle
- AZ-Anzeigetafel: Information der Verkehrsteilnehmer (Ableitung / Alternativroute)

Der sparsame Einsatz von Komponenten resultiert nicht zuletzt aus der Anforderung für einen raschen Einsatz – die Komponenten müssen erst vor Ort gebracht und in Betrieb gesetzt werden.

Einsatzszenario 1: Spontanereignis – Unfall

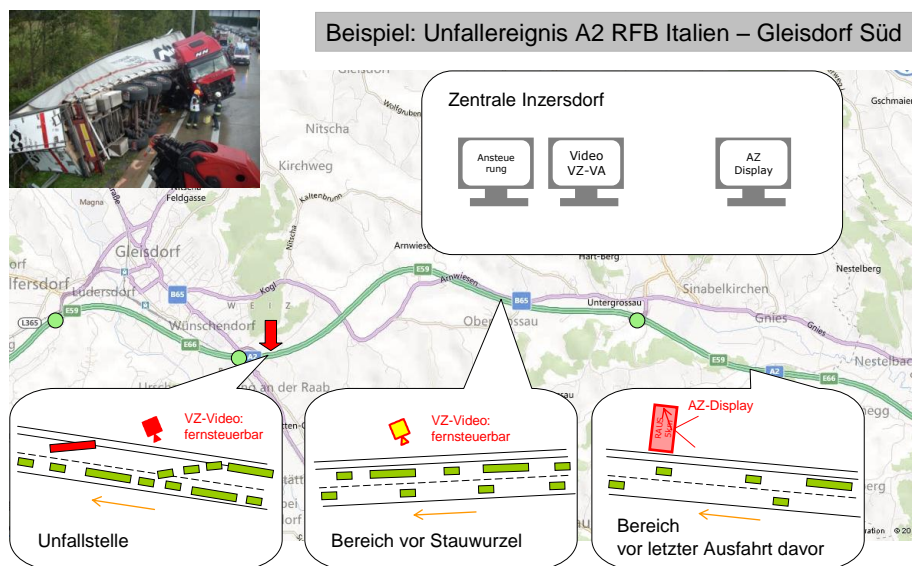


Abb. 46: Einsatzszenario 1: Spontanereignis – Unfall

Quelle: eigene Darstellung; Hintergrundgraphik: Bing; Foto: Feuerwehr Gleisdorf

Einsatzszenario 2: Geplantes Ereignis – Baustelle

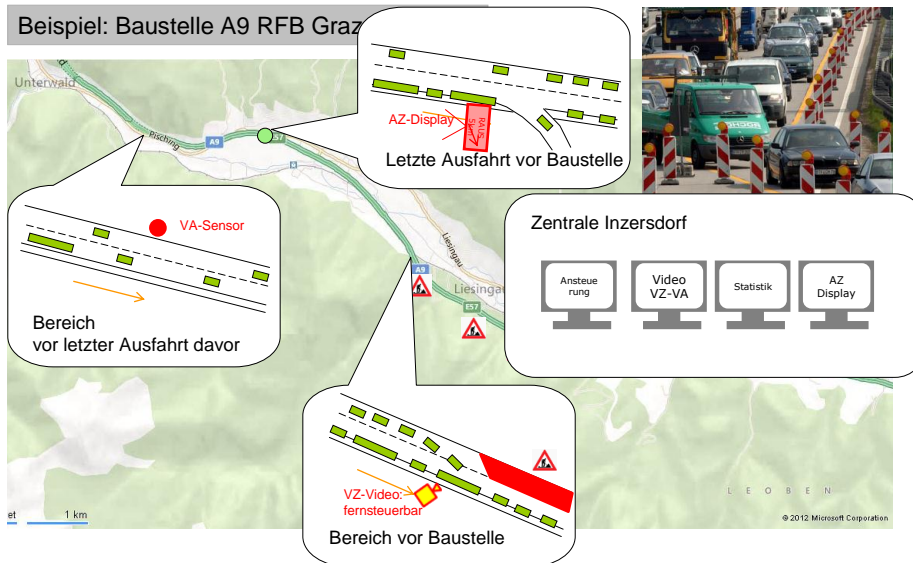


Abb. 47: Einsatzszenario 2: Geplantes Ereignis – Baustelle

Quelle: eigene Darstellung; Hintergrundgraphik: Bing; Foto: Sinoconcept

Bei dem geplanten Langzeitereignis einer Baustelle werden folgende aktiven Elemente mindestens benötigt:

- VA-Sensor: automatisierte Messung des Verkehrsaufkommens, ev. Geschwindigkeiten im Vorlauf einer Baustelle, Meldung der Überschreitung von vordefinierten Schwellwerten / kritischen Verkehrszuständen an den Disponenten.
- AZ-Anzeigetafel: Information der Verkehrsteilnehmer (Ableitung / Alternativroute)

Da für den Aufbau des mobilen Verkehrsmanagementsystems im Zuge der Einrichtung von Baustellen ausreichend Zeit besteht, kann mit umfangreicherer, aufwendiger zu installierenden Komponenten gearbeitet werden.

Während für das Einsatzszenario „Unfall“ qualitative Daten erforderlich sind, werden beim Einsatzszenario „Baustelle“ quantitative Messwerte den Entscheidungen im Verkehrsmanagement zur Grunde gelegt.

6.5 Wirkungsweise

Anhand der Einsatzszenarien werden Unterschiede in der Wirkungsweise darstellbar. Im Einsatzszenario „Unfall“ kann vom mobilen Verkehrsmanagementsystem nur reagiert werden. Folgender Ablauf ist beispielhaft zu erwarten:

- Unfallereignis
- Sperre eines oder mehrerer Fahrstreifen einer Richtungsfahrbahn.

- Aufbau eines Staus - stetig verschlechternden Verkehrszustands im Vorlauf des Unfalls.
- Meldung Unfall, Entscheidung zum Einsatz eines mobilen VMS.
- Antransport der VZ-Einheit und Inbetriebnahme bei der Unfallstelle.
- Antransport der AZ-Anzeigetafel(n) und Inbetriebnahme im Vorlauf der letzten möglichen (noch) nicht eingestauten Abfahrt mit Alternativroute.
- Sofortige Information und Empfehlung zur Nutzung der Alternativroute solange bis der Verkehrsablauf an der Unfallstelle sich wieder normalisiert bzw. Freigabe der Unfallstelle erfolgt ist.
- Information über Auflösung des Staus und Freigabe über Anzeigetafel.
- Abbau der mobilen Anlage

Dieses Einsatzszenario ist nur dann bedienbar, wenn das System kurzfristig am Einsatzort verfügbar ist. Insgesamt beschränkt sich das Handeln auf ein Reagieren des Systems auf einen Ereignisfall.

Im Einsatzszenario „Baustelle“ erfolgt die Installation des mobilen Verkehrsmanagementsystems im Zuge der Baustelleneinrichtung. Das System überwacht automatisch den Verkehrsablauf im Vorlauf zur Baustelle und gleicht die erhobenen Werte mit vordefinierten Schwellwerten ab, die aus der theoretischen Kapazität der Richtungsfahrbahn im Bereich der Baustelle abgeleitet werden. Wird der Schwellwert überschritten erfolgt eine automatische Warnung des Disponenten, der nach Einsichtnahme über das Kamerabild eine Entscheidung über Lenkungsmaßnahmen trifft. Folgender weiterer Ablauf ist beispielhaft zu erwarten:

- Sofortige Information und Empfehlung zur Nutzung der Alternativroute dies kann auch nur für Teilmengen des Verkehrs erfolgen (z.B. „Ableitung für LKW>3,5 t“).
- Aufhebung der Ableitungsempfehlung solange bis der Schwellwert an der Messstelle wieder unterschritten ist.

Damit kann einem Stauaufbau präventiv entgegen gewirkt werden.

6.6 Systemgrenzen

Die Einsatzbedingungen für mobile Outdoor Videosysteme sind in der Praxis mit drei wesentlichen kritischen Erfolgsfaktoren verbunden. Diese sind

- Wetterbedingungen
- Stromversorgung
- Kontrollierbarkeit

Sämtliche dieser Faktoren bedürfen vertieften praktischen Know-Hows und großer Erfahrung. 12 Jahre Erfahrung in der Videotechnik und im digital image processing sowie mehr als 4 Jahre Erfahrung in der Entwicklung videogestützter Verkehrssensorik bieten dem Anbieterkonsortium die Grundlage für diese Erfahrung.

Die meisten der einzusetzenden Komponenten haben im Rahmen eines FFG-Projektes einen einjährigen Test bestanden, der nur zu dem Zweck durchgeführt wurde um die Einsatzbereitschaft dieser Komponenten in allen Jahreszeiten (Temperaturen im Testzeitraum zw. -17 und +38 Grad Celsius) zu prüfen.

In Wettertests wurden im Rahmen der Studie auf folgende Auflage besondere Aufmerksamkeit gelegt: „Die Robustheit des Videosensors bei Dämmerung, schlechten Sichtverhältnissen, widrigen Witterungsbedingungen und verschmutzter Scheibe muss in der Machbarkeitsstudie gezeigt werden.“⁴⁹

Dabei hat sich gezeigt, dass diese Wetterbedingungen ohne große Hindernisse gemeistert werden können, wenngleich auch hier (wie in der Videotechnik allgemein üblich) diejenige Voraussetzung gilt, dass Kameras im Allgemeinen nicht besser als das menschliche Auge arbeiten und dass meist auch in der Videotechnik die Systemgrenze erreicht ist, wenn Bildinhalte mit dem menschlichen Augen nicht mehr wahrnehmbar sind. In den entsprechenden Kapiteln sind die einzelnen Tests dargestellt und auch mit Beispielvideos unterlegt.

Interessante Lösungsansätze für Dämmerungs- bzw. Nachtaufnahmen sind Veränderungen der Blende bei der Kamera und Nanobeschichtungen für Sichtscheiben.

Eine autarke Stromversorgung für Anlagen, die hier betrachtet werden ist eine durchaus diffizile Anforderung. Akkus haben verhältnismäßig wenig Kapazitäten, die noch dazu schwer kontrollierbar sind, müssen transportabel sein, sind nicht billig und unterliegen einem beachtlichen Verschleiß, erfordern Wartung und Kontrolle. Laden vor Ort ist kompliziert, Alternativen kaum möglich. Das bedeutet, dass auch hier eine gewisse Erfahrung in der Konstruktion und im Betrieb solcher Stromversorgungen gegeben sein sollte.

Bereits im Einsatz befindliche Akkusysteme zeigen ein annähernd gleiches Verhalten wie auf rechnerischen Grundlagen aufbauend, wenngleich es einige Abhängigkeiten gibt, die ein simples Errechnen der Laufzeit ein wenig verkomplizieren bzw. eine gewisse Unschärfe verursachen. Dies sind beispielsweise die Umgebungstemperatur beim

⁴⁹ Werkvertrag über die Erbringung von Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen, Seite 4

Entladen, das Alter des Akkus, eine gewisse Selbstentladung bei der Lagerung und natürlich die Ausgangsladung selbst.

Für das mobile VMS werden modulare Akkuboxen (inklusive Ladegerät und Wechselrichter) eingesetzt, die flexibel miteinander kombiniert werden können. Für die konzipierten Systeme ergeben sich so Laufzeiten zwischen 15 und 35 Stunden, je nach Einsatzwunsch ggf. auch länger. Für eine Langzeitstromversorgung sollte auf eine bestehende Netzversorgung zurückgegriffen werden, wenn dies nicht möglich ist, ist eine Kombination aus Akkuboxen und Stromaggregat zu empfehlen. Alternative Stromversorgungsmöglichkeiten (Photovoltaik, Brennstoffzellen) sind denkbar, aber aufgrund mangelnder Leistungsfähigkeit nicht immer zwingend anzuraten.

Ein letzter Aspekt ist noch der Kontrollierbarkeit des Systems, im Sinne einer möglichst guten Datenfernübertragung, zu widmen. Wenn die mobile Internetversorgung gewährleistet ist, sind diese Anforderungen gut in den Griff zu bekommen (Wahl der geeigneten Bildauflösung und Bildwiederholungsrate), sollte eine Netzversorgung nicht gegeben sein, erreicht das System natürlich seine Grenzen und würde nicht einsatzbereit sein.

6.7 Machbarkeit

Es zeigt sich, dass mit dem Verkehrsmanagementsystem MSdek-VMS alle gestellten Anforderungen sehr gut bis gut erfüllt werden können, wobei die Machbarkeit in folgenden Bereichen, die aus den Anforderungen der ASFINAG abgeleitet wurden, beurteilt wurde:

- Einsatzfähigkeit für die betrachteten Einsatzszenarien
- Unterstützung des Disponenten in der Zentrale der ASFINAG
- Robustheit und Zuverlässigkeit des Systems im Normalbetrieb
- Integrierbarkeit des Systems in die Arbeitsabläufe der ASFINAG
- Effizienz und Effektivität im Handling

Als besondere Systemvorzüge haben sich herausgestellt:

- Modularer Aufbau der Teilkomponenten
- Hohe Einsatzflexibilität
- Geringer Personalbedarf in der Handhabung
- Einfache Verständlichkeit und Bedienbarkeit

Abschließend kann festgehalten werden, dass das System MSdek-VMS den gestellten Anforderungen der ASFINAG vollumfänglich entspricht und die Machbarkeit gegeben ist.

7 LITERATURVERZEICHNIS

Ammoser H.: Fundamentaldiagramm des Verkehrsflusses, Dresden 2006. Online: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/7/7f/Fundamentaldiagramm.PNG> [Ammoser H.: Fundamentaldiagramm des Verkehrsflusses, 2006.]

ASFINAG (Hrsg.): Baustellenverkehrsführung und –verkehrssicherheit; Handbuch, Wien 2007. Online: <http://www.asfinag.net/plant> (Stand: 12.10.2012) [ASFINAG (Hrsg.): Baustellenverkehrsführung und –verkehrssicherheit, 2007.]

ASFINAG (Hrsg.): Geschäftsbericht 2011, Wien 2011. Online: http://www.asfinag.at/c/document_library/get_file?uuid=b9ac108a-2ef4-427b-9acd-6ae9c97d9f34&groupId=10136 (Stand: 16.10.2012) [ASFINAG (Hrsg.): Geschäftsbericht 2011, 2011.]

ASFINAG (Hrsg.): Verkehrsmanagement, Wien 2010. Online: http://oekk.univie.ac.at/uploads/media/ASFINAG_Verkehrsmanagement.pdf (Stand: 15.10.2012) [ASFINAG (Hrsg.): Verkehrsmanagement, 2010.]

ASFINAG (Hrsg.): Videosysteme und videobasierende Detektionssysteme; Handbuch, Wien 2009. Online: <http://www.asfinag.net/plant> (Stand: 12.10.2012) [ASFINAG (Hrsg.): Videosysteme und videobasierende Detektionssysteme, 2009.]

Axis Communications AB. (Hrsg.): Datenblatt AXIS Q6035, Lund 2012. Online: http://www.axis.com/de/files/datasheet/ds_q6035_q6035e_44412_de_1207_lo.pdf (Stand: 21.09.2012) [Axis Communications AB. (Hrsg.): Datenblatt AXIS Q6035, 2012.]

Axis Communications AB. (Hrsg.): AXIS Q6035 E, Lund 2012. Online: http://www.axis.com/de/products/cam_q6035e/ (Stand: 21.09.2012) [Axis Communications AB. (Hrsg.): AXIS Q6035 E, 2012.]

Axis Communications AB. (Hrsg.): AXIS T98A-VE Surveillance Cabinet Series, Lund 2012. Online: http://www.axis.com/files/datasheet/ds_t98-ve_48355_en_1210_lo.pdf (Stand: 21.09.2012) [Axis Communications AB. (Hrsg.): AXIS T98A-VE Surveillance Cabinet Series, 2012.]

Axis Communications AB. (Hrsg.): Installation Guide, Lund 2012. Online: http://www.axis.com/files/manuals/ig_T91A_37324_en_0912.pdf (Stand: 12.10.2012) [Axis Communications AB. (Hrsg.): Installation Guide, 2012.]

Axis Communications AB. (Hrsg.): Steuerungseinheit, Lund 2012. Online: http://www.axis.com/de/files/datasheet/ds_t8310_42678_de_1203_lo.pdf (Stand: 12.10.2012) [Axis Communications AB. (Hrsg.): Steuerungseinheit, 2012.]

Banner GmbH (Hrsg.): Traction Bull Bloc Datenblatt, Linz 2012. Online: http://www.bannerbatterien.com/banner/files/FolderTractionBullBlocDB_d.pdf (Stand: 12.10.2012) [Banner GmbH (Hrsg.): Traction Bull Bloc Datenblatt, 2012.]

Brake M.: Teilautomatisierte Interpretation von Straßenverkehrsszenen bei Einsatz von Schwenk-Neige-Kameras; Dissertation RWTH Aachen, Aachen 2008. [Brake M.: Teilautomatisierte Interpretation von Straßenverkehrsszenen, 2008]

Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.): Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen (MÄRZ 99). Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 1999. [BAST (Hrsg.): Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen, 1999.]

Bundeskanzleramt Österreich (Hrsg.): Rechtsinformationssystem, Wien 2012. Online: <http://www.ris.bka.gv.at/Bund/> (Stand: 02.10.2012) [Bundeskanzleramt Österreich (Hrsg.): Rechtsinformationssystem, 2012.]

Conrad Electronic SE (Hrsg.): Bedienungsanleitung Sinus Terminal, Hirschau 2006. http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/500000-524999/511745-an-01-ml-SINUSWECHSELR_300W_12V_de_en_fr_nl.pdf (Stand: 15.10.2012) [Conrad Electronic SE (Hrsg.): Bedienungsanleitung Sinus Terminal, 2006.]

Dismer M., Fuchs A., Nonnsen S.: Verkehrstelematik – die Lösung von Verkehrsproblemen oder ein Instrumentarium zur Einschränkung von persönlichen Freiheiten?; Beitrag zum Ubiquitous Computing Colloquium, Hannover 2005. [Dismer M., Fuchs A., Nonnsen S.: Verkehrstelematik, 2005.]

Döge K-P.: Ein Beitrag zur videobasierten Verkehrszustandsidentifikation: Automatische Stauerkennung anhand von Live-Kamera-Bildern des Straßenverkehrs; Dissertation, Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Dresden 2004. [Döge K-P.: Ein Beitrag zur videobasierten Verkehrszustandsidentifikation, 2004.]

Federal Highway Administration Office of Travel Management Room 3404 (Hrsg.): ngsim-community, Washington DC keine Jahresangabe. Online: <http://ngsim-community.org/> (Stand: 23.10.2012) [FHAOTM (Hrsg.): ngsim-community]

FFG (Hrsg.): Startseite iv2splus, Wien 2012. Online: <http://www2.ffg.at/verkehr/> (Stand: 17.10.2012) [FFG (Hrsg.): Startseite iv2splus, 2012]

FFG (Hrsg.), Binder M.: News vom 23.08.2011 - 14:00, Wien 2011. Online: <http://www.ffg.at/news/pre-commercial-procurement-ein-neues-instrument-zur-beschaffung-von-innovation> (Stand: 25.10.2012) [FFG (Hrsg.), Binder M.: News vom 23.08.2011 - 14:00, 2011.]

FGSV-AG-Verkehrsplanung (Hrsg.): Hinweise zur kurzzeitigen automatischen Erfassung von Daten des Straßenverkehrs; Richtlinien und Empfehlungen der

FGSV, Köln 2010. [FGSV-AG-Verkehrsplanung (Hrsg.): Erfassung von Daten des Straßenverkehrs, 2010.]

FraRon electronic GmbH (Hrsg.): Batterieladegerät Bedienungsanleitung, Mömbris 2012. Online:
http://www.fraron.de/downloads/bda/BLG20M12V_BDA_07052012.pdf (Stand: 15.10.2012) [FraRon electronic GmbH (Hrsg.): Batterieladegerät Bedienungsanleitung, 2012.]

FSV (Hrsg.): Beschilderung und Wegweisung auf Autobahnen, Wien 2006. Online:
<http://ec.europa.eu/enterprise/tris/pisa/cfcontent.cfm?vFile=120060487DE.PDF>. (Stand: 25.09.2012) [FSV (Hrsg.): Beschilderung und Wegweisung auf Autobahnen, 2006.]

FSV (Hrsg.): RVS, Wien 2012. Online: <http://www.fsv.at/shop/artikelgruppen.aspx> (Stand: 25.10.2012) [FSV (Hrsg.): RVS, 2012]

Grimm J.: Untersuchung zum Einsatzbereich von Steuerverfahren für Streckenbeeinflussungsanlagen; Diplomarbeit Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Dresden 2009. [Grimm J.: Einsatzbereich von Steuerverfahren für Streckenbeeinflussungsanlagen, 2009.]

Kirschfink H.: Parameterschätzung für Verkehrslage und Stauprognose, Hannover 2006. Online: <http://134.169.42.157/Fallbsp/11-Verkehrsflussparameter/11-Verkehrsflussparameter/11-Verkehrsflussparameter.pdf> (Stand: 24.10.2012) [Kirschfink H.: Parameterschätzung für Verkehrslage und Stauprognose, 2006.]

Lanner Electronics Inc.(Hrsg.): LEC-2026 data, New Taipei City 2012. Online: http://www.lannerinc.com/DM/LEC-2026_DM.pdf (Stand: 21.09.2012) [Lanner Electronics Inc. (Hrsg.): LEC-2026 data, 2012.]

Laworski S.: Fusion von Verkehrsdaten mit Mikromodellen am Beispiel von Autobahnen; Dissertation TU Berlin, Berlin 2009. [Laworski S.: Fusion von Verkehrsdaten mit Mikromodellen, 2009]

momatec GmbH (Hrsg.): ILIAS, Aachen 2012. Online: <http://www.ilias-led.de/index.php?id=12> (Stand: 24.10.2012) [momatec GmbH (Hrsg.): ILIAS, 2012.]

Dr. Neuhaus Telekommunikation GmbH (Hrsg.): TAINY, Hamburg 2012. Online: http://www.neuhaus.de/Support/TAINY/TAINY%20HMOD-V3-IO/Datenblatt/DB_TAINY_HMOD-V3-IO_1v1.pdf (Stand: 19.10.2012) [Dr. Neuhaus Telekommunikation GmbH (Hrsg.): TAINY, 2012.]

Ober-Sundmeier A.: Entwicklung eines Verfahrens zur Stauprognose an Engpässen auf Autobahnen unter besonderer Berücksichtigung von Arbeitsstellen;

Dissertation Universität Kassel, Kassel 2003. [Ober-Sundmeier A.: Entwicklung eines Verfahrens zur Stauprognose, 2003.]

Salzburg Research Forschungsgesellschaft m.b.H. (Hrsg.): InterEVENT, Salzburg 2007. Online: <http://www.salzburgresearch.at/projekt/interevent/> (Stand: 24.10.2012) [Salzburg Research (Hrsg.): InterEVENT, 2007.]

Schick P.: Einfluss von Streckenbeeinflussungsanlagen auf die Kapazität von Autobahnabschnitten sowie die Stabilität des Verkehrsflusses; Dissertation, Universität Stuttgart, Stuttgart 2003. [Schick P.: Einfluss von Streckenbeeinflussungsanlagen, 2003.]

Schick GmbH (Hrsg.): Stromerzeuger DX 6000 TE Datenblatt, Zweibrücken 2009. Online: http://www.eicker.info/data/product/template_36/11879_datenblatt_name1.pdf (Stand: 15.10.2012) [Schick GmbH (Hrsg.): Stromerzeuger DX 6000 TE Datenblatt, 2009.]

Siemens AG (Hrsg.): LOGO! modular – die technischen Details, München 2011. Online: http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/modular-basic-variants/Documents/e20001-a1120-p271_20-22.pdf (Stand: 19.10.2012) [Siemens AG (Hrsg.): LOGO! modular – die technischen Details, 2011.]

SPP Consult (Hrsg.): Optische Informationssysteme (OIS) für die Verkehrszonenanalyse und Verkehrslenkung; Schlussbericht, Stuttgart 2004. [SPP Consult (Hrsg.): Optische Informationssysteme, 2004.]

Volkenhoff T., Kemper D., Steinauer B.: Pilothafter Einsatz moderner Verkehrserfassungssysteme zur Stauvermeidung in Baustellen; Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 1074, Bonn 2012. [Volkenhoff T.m Kemper D., Steinauer B.: Einsatz moderner Verkehrserfassungssysteme, 2012.]

Weber T.: ERMITTLUNG DER MITTLEREN REISEGESCHWINDIGKEIT MIT METHODEN DER DIGITALEN BILDVERARBEITUNG, Masterarbeit TU-Graz, Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen, Graz 2007. [Weber T., Ermittlung der mittleren Reisegeschwindigkeit, 2007]

Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.): H 264, San Francisco 2012. Online: <http://de.wikipedia.org/wiki/H.264> (Stand: 22.10.12) [Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.): H 264, 2012.]

WIPAMedia GmbH & Co KG (Hrsg.): Anzeigetafel, Traiskirchen 2012. Online: <http://www.laufschriften.at/> (Stand: 25.09.2012) [WIPAMedia GmbH & Co KG (Hrsg.): Anzeigetafel, 2012.]

Yazho L., Hongxun Y., et al., Nonparametric background generation, Harbin Peking 2006. Online: <http://www.jdl.ac.cn/user/xlchen/Paper/JVCIR07.pdf> (Stand: 10.10.2012) [Yazho L., Hongxun Y., et al.: Nonparametric background generation, 2006.]